

ESTUDIO PALEOAMBIENTAL DE LA REGIÓN CENTRAL DEL MEDITERRÁNEO IBÉRICO DURANTE EL PLEISTOCENO

a partir de las faunas de microvertebrados de los
yacimientos de EL SALT y ABRIC DEL PASTOR
(Alcoi, Alicante)



Ana Fagoaga Moreno

Tesis Doctoral



dirigida por:

Francisco Javier Ruiz Sánchez | César Laplana Conesa | Bertila Galván Santos

Programa de Doctorado en Biodiversidad y Biología Evolutiva
12/2019



VNIVERSITAT
D VALÈNCIA

Hacemos constatar:

que la presente Tesis Doctoral titulada "**Estudio paleoambiental de la región central del Mediterráneo ibérico durante el Pleistoceno, a partir de las faunas de microvertebrados de los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor (Alcoi, Alicante)**" que presenta **Ana Fagoaga Moreno** para la obtención del título de Doctora, ha sido realizada bajo nuestra dirección, con el mayor aprovechamiento.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente, expedimos el presente certificado en Valencia, a 17 de diciembre de 2019.

Directores:

Francisco J. Ruiz Sánchez

César Laplana Conesa

Bertila Galván Santos

Tutor:

Plinio Montoya Belló

“El sol lo dora;
un viento suave despliega
por la montaña.
Y yo contemplo,
entre lo que ha crecido,
como la tierra es siempre,
lo más hermoso”.

Juan Gil Albert

ÍNDICE

Agradecimientos	10
Resumen	17
1- Presentación	27
1.1 Objetivos	28
1.2 Estructura de la Tesis	29
2- Introducción	33
2.1 El Cuaternario y su dinámica climática. El Pleistoceno Superior	34
2.1.1 Motor climático del Cuaternario	34
2.1.2 El Pleistoceno Superior: diversidad de ambientes y climas	36
2.2 Influencia de la dinámica climática cuaternaria en la desaparición de los neandertales	41
2.3 Métodos de inferencia climática y ambiental basados en el estudio de los micromamíferos. Aplicabilidad y limitaciones	46
2.3.1 Métodos de inferencia del paisaje: <i>Habitat Weighting method</i>	46
2.3.2 Métodos de inferencia paleoclimática cuantitativa: <i>Mutual Ecogeographic Range method, Bioclimatic method</i>	46
2.3.3 Limitaciones	47
3- Contexto	51
3.1 Contexto geográfico, geológico, climático y ecológico de los Valles de Alcoi	52
3.2 El Salt	55
3.3 El Abric del Pastor	66
4- Material y métodos	73
4.1 Material	74
4.2 Métodos	74
4.2.1 Trabajo de campo	74
4.2.2 Trabajo de laboratorio	76
4.2.3 Trabajo de gabinete	78
4.2.4 Reconstrucciones paleoclimáticas y paleoambientales	88

5- Resultados	93
5.1 Bloque 1: Palaeoecological implications of Neanderthal occupation at Unit Xb of El Salt (Alcoi, eastern Spain) during MIS 3 using small mammals proxy	95
5.2 Bloque 2: Palaeoecological context for the extinction of the Neanderthals: A small mammal study of Stratigraphic Unit V of the El Salt site, Alcoi, eastern Spain	121
5.3 Bloque 3: Improving the accuracy of small vertebrate-based palaeoclimatic reconstructions derived from the Mutual Ecogeographic Range. A case study using geographic information systems and UDA-ODA discrimination methodology	167
5.4 Bloque 4: Micromamíferos de la Unidad IVd de Abric del Pastor	199
6- Discusión global	213
6.1 UDA-ODA discrimination methodology	214
6.2 Paleambiente y paleoclima en la región sureste de la península ibérica durante el MIS4-MIS3	214
6.2.1 Inferencia climática y ambiental para los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor y asignación cronológica	214
6.2.2 Desaparición de los neandertales y contexto climático y ambiental durante el Paleolítico medio (Pleistoceno Superior) en la península ibérica, con énfasis en el sureste mediterráneo peninsular	223
7- Conclusiones y perspectivas de futuro	227
7.1 Conclusiones	228
7.2 Perspectivas de futuro	229
8- Referencias	233
9- Anexo 1: Láminas	251

Agradecimientos

Cinco años dan para mucho. Son muchas las personas con las que he tenido la suerte de cruzarme y muchas las vivencias y momentos que guardo de estos años. Por ello voy a permitirme extenderme aquí y dedicar unas líneas a la gente que ha estado a mi lado este tiempo.

Las palabras se quedan cortas a la hora de agradecer a mis padres todo lo que han hecho para que yo pueda estar escribiendo estas líneas. Dos eternos referentes a los que aspiro algún día parecerme. Siempre a mi lado y apoyándome en mis decisiones, soporte emocional y económico, ayer, hoy y mañana. Tete, tus consejos siempre me han servido mucho, al igual que las conversaciones para desconectar del día de trabajo. Los años en Espai Verd son para mí oro puro. Gracias por ayudarme tanto con la maquetación.

Quisiera también agradecer al resto de mi familia todo el apoyo y el cariño que me han dado. A los Fagoaga y a los Moreno. Siento una profunda admiración por vosotros y siempre espero la próxima vez que nos podamos juntar de nuevo. En especial, quiero dar las gracias a mi tía Mamen, cuyos consejos y comprensión por haber recorrido antes este camino, han sido muy importantes para mí.

También a mi familia Mateo Matoses y los combois que me han insuflado fuerzas para seguir con todo.

Buena parte de la culpa de que comenzara esta Tesis la tiene la Doctora Bertila Galván, quien me abrió las puertas de El Salt en el primer momento, ese yacimiento que en el camino de ida y vuelta al colegio veía cada día y en el que soñaba trabajar de mayor. Coincidir en Villa Vicenta fue muy enriquecedor, lo recuerdo con mucho cariño.

Más tarde se implicó en la dirección de mi Tesis. Las llamadas desde Tenerife (¿Qué tal mi niña?), los correos o las campañas de verano, siempre hasta arriba de trabajo pero sacando tiempo para hablar, resolver dudas o ayudarme con cualquier cosa fuera personal o profesional. Mil y una gracias.

Paco, otro gran culpable. Llegué de rebote a hacer el Trabajo de Fin de Grado contigo, sin conocerte. Eso fue en 2012–2013. Después vino el Trabajo de Fin de Máster y la Tesis Doctoral. Creo que los hechos hablan por sí solos. Gracias por todos los conocimientos que me has enseñado en estos años, los consejos, los esfuerzos por encontrar financiación para mi investigación y por preocuparte por mi futuro. Siete años dan mucho para agradecer.

César, tú te incorporaste legalmente más tarde a la dirección de mi Tesis, pero igualmente estuviste ahí desde el principio (desde el Trabajo de Fin de Máster), respondiendo en tiempo récord a todos mis correos y haciéndome aprender muchísimo en cada línea escrita. La distancia no ha sido un impedimento para que llegaran los consejos, dudas resueltas, direcciones, material de consulta... Gracias infinitas por todo.

Cristo, Carol, tengo que agradeceros vuestra ayuda y apoyo tanto en el ámbito profesional como en el personal. Gracias a vosotros he aprendido muchísimo en El Salt, Abric del Pastor y Villa Vicenta. Es y ha sido un proceso de aprendizaje continuo, en todos los sentidos. Guardo con cariño tus historias Cristo, y la música compartida, Carol.

A mi gran familia de El Salt. Poner los pies en Villa Vicenta es una sensación que persigo durante todo el año. Da igual los días que pasen, la misma sensación al tomar el camino de tierra de subida que bordea el Castellar. A la izquierda la Font Roja, que con sus carrascas, arces y fresnos llenan la parte de umbría de incontables tonalidades

de verde. Al fondo, la imponente pared de travertino asomándose al valle, y en su base, una pincelada de color rojo y otra ocre. No me extraña que Gil-Albert decidiera venir aquí y mucho menos los neandertales. Aquel paisaje debió ser mucho más impactante entonces.

Espero haberos hecho tanto bien como vosotros me habéis hecho a mí. Leito, has sido para mí una pieza fundamental fuera y dentro de Villa Vicenta. Sinceramente, espero haberte ayudado en tu Tesis tanto como tú en la mía. Y qué decir de las fotos que nos quedan y las montañas pendientes de subir!. Carlucho, el primero que me enseñó a excavar. Tengo muy buenos recuerdos de ese inicio, Finxito. A mi primo Jorge, gracias por enseñarme tanto. Un pilar fundamental en el yacimiento. Rafa (Afonso), compañero, es una lástima que no hayamos podido coincidir más aquí. Aún así guardo muy buenos recuerdos de entonces. Javi (Molina) tú estuviste desde hace mucho, aunque a esa bonita conclusión llegamos más tarde. Aprendí y disfruté mucho en La Pedrera con Preta y contigo. Ágata, tú y yo llegamos el mismo año. Menos mal que tú tienes memoria y te acuerdas de cuándo sucedió cada cosa. De las fiestas sí me acuerdo ;). Álex, imposible no acordarme de la señora y su bolso. Me gusta recordarla de vez en cuando en la distancia.

Mi memoria no recuerda en qué orden llegasteis los de después, el tiempo en Villa Vicenta pasa a otro ritmo y el limo mezcla los recuerdos. Tampoco esto importa, el resultado no se ha visto alterado. Marieta (tirititi) bendita locura compartida. Tenemos muchos proyectos pendientes juntas. Santi, siempre pendiente de todo(s), eres un amor. Rubi (Mariel), espero ahora que vamos a ser vecinas, que me llames con esa voccecita más veces. Jared, las arenas de Pastor nos afectaron aquel año, AccuWeather, Alcoleja y Antonio el de las carrascas también tuvieron su culpa. Las vecinas de Valencia

recientemente también. Seoane, la bondad en persona, que no me falten nunca tus ays. Sveni, siempre con una sonrisa y la cámara al hombro. Imposible no recordarte con “Slow cheetah come before my forest, looks like it’s on today...”. Javi (Davara, Copas), más bueno que nada, ojalá se me pegue algo de ti. Gloria, aquella Semana Santa en el andamio frente a las gravas fue muy guay, por fa, no dejes de visitarnos. Mil y una gracias por todo chicos. De corazón, tengo grabado a fuego vuestros abrazos y os llevo siempre en mi retinita. Mari, Laura Sirvent, Fer, Emilio (Bichos), Anthony, Richard, María González, Laura Hernández, Javi (Sarrió), Natalia, Paloma, Sam, José Miguel, Pedro...ha sido una suerte coincidir con vosotros aquí y ojalá que tengamos mil oportunidades de vernos fuera y dentro de Villa Vicenta.

A mis compañeros del departamento. Vuestras caras han sido las que más he visto en muchas temporadas y recuerdo muy buenos momentos entre esas estanterías abarrotadas de papeles y rocas, afortunadamente también lejos de éstas. Rana (Rafa), ha sido un placer compartir la charca, la dispersión, el Xb y el V superior entre muchos otros niveles y yacimientos, Cantabria y las risas diarias. Los días que venías eran sin duda, más alegres. Vaisent (Vicent), polemizar contigo ha sido lo mejor (creo que todos estarán de acuerdo conmigo) y siempre nos quedarán las historias de Mikonos. Gracias por acceder a resolverme tantas dudas y por darme tantos consejos. Humber (Humberto), guardo en mi retina momentos estrella como la cabra, tu costilla (de ésta nos acordamos todos) y el puerto de San Glorio nevado. Tenemos pendientes más escapadas! Alex, echo de menos esas conversaciones con cervezas. No eres consciente del bien que me hacían. Estherix (Esther), por ese estómago de hobbit compartido, las invertidas y este último año de apoyo mutuo, muchas gracias. Do (Dores), no me olvido de esas noches cerrando el departamento, pero sobre todo sobre todo, nuestra cancioncita invocadora

de sabiduría. Gracias por engancharme a la Tafonomía y por tantas cosas que me has enseñado. Jordi, euskara gehiago irakatsi behar didazu ;). Fer, haz el favor de volver, mis oídos necesitan de tus teorías molonas, no me basta con la del pájaro-perro. Samuel, muchas gracias por todo el tiempo que coincidimos, aprendí mucho. Arturix, Arturidio ojalá volvamos a coincidir, ya hace demasiado de todo aquello. Nacho, Júlia, Alba, espero que tengáis suerte en vuestros respectivos destinos y poder juntarnos de nuevo próximamente. A las ya no tan recientes incorporaciones, Óscar y Mavi, por aportar frescura y buenas risas. Adri, también te considero del departamento, aunque seas un intruso, pero uno necesario. Gracias por tu opinión y consejos de ecólogo y por las colaboraciones que vendrán, especialmente una que tú ya sabes! Me hace mucha ilusión.

También me gustaría agradecer a todo el personal del Departamento de Geología de la UV, profesorado, administración y técnicos el tiempo y la ayuda prestada en estos años. En especial a Cris, siempre levantando el ánimo y las risas a tu paso. Sin duda un torbellino de energía y buen rollo. A Plini por su preocupación y dedicación como tutor de esta Tesis, por responsabilizarse de la adecuación de mi formación y actividad investigadora. No me olvido tampoco de los que habéis pasado a echar una mano, con muchas ganas de aprender y que afortunadamente habéis decidido quedaros (y no me refiero físicamente). Álvaro, Dani, Darkos, Mizar, Marta, Belén, Cris, Adriana, Javi y al resto del equipazo.

También a los técnicos de Microscopía del Servei Central de Suport a la Investigació Experimental de la Universitat por enseñarme a manejar el Hitachi S-4800 High Resolution SEM y por toda la ayuda prestada.

A mis amigos de Burgos. Basta preguntarme por esa ciudad para que se me note enseguida lo que ese año supuso para mí.

Itzi (Calamar), Rubén, Ángela, Silvia, Olalla, Lucía, Marcos...aunque me gustaría veros y leerlos más a menudo, estoy contenta porque ese año vuelve cada vez que nos reencontramos. Gracias por el apoyo y los buenos momentos todos estos años.

Gracias al Team River de Atapuerca y en especial a Sandra, Carmen, Jules, Mónica, Raquel, Juanma, Hugo, Toni y Almu, por la experiencia tan "pepina" y a Gloria por dejarme trabajar en el Arlanzón y acogerme tan bien.

Tampoco me olvido de mis compañeros de carrera, que me han dado más que ánimos, consejos, y mil momentos de desconexión. Claudia(o), Vanesa, Pau, Robbo, Bea, Olgui, Bárbara, Adri y Felipe. Es una suerte seguir compartiendo después de tanto tiempo. Muchas gracias por celebrar conmigo los buenos resultados y por levantarme cuando éstos no lo eran tanto.

A mis amiguis de toda la vida, les borregues, en especial Altea, Emma i Ana. Veintitantos años y seguís sorprendiéndome. Gracias por pensarme estos años hasta desde el Campo Base del Annapurna.

Lucía (Luz), los desayunos y las cenas en casa, antes y después de ir y venir de la uni no los olvido. Tampoco aquellos programas en el sofá y tus comentarios que me sacaban una carcajada tras otra al final de cada día. Aquellos días fueron un verdadero apoyo, gracias.

Por supuesto a Haïssa y Lucía, los soles más grandes de todas las galaxias. Vosotras sabéis lo que esto ha costado y también sabéis cuánto os agradezco todo. Apoyo mutuo e incondicional. A la meua Lour, gràcies per les estonetes al piset i pel que encara ens queda! A Blanca (White) y a David por ser los mejores monstruitos. Siempre mandando energías hasta en la distancia.

A Angel Llopis, por escucharme, entenderme y aconsejarme y estar ahí desinteresadamente.

A Don Joaquín, que en el camino diario a El Salt siempre recibía al que pasara, sentado con el bastón, y una gran sonrisa.

A Cristina Real, de quién he tomado la idea para la portada.

A Mario Sendra, por toda la ayuda prestada en cuestiones estadísticas, las que han visto la luz en esta Tesis y las que se han quedado por el camino. A Hugo Blain por todo lo que ha aportado a esta investigación, todos los conocimientos, por confiar en mí y por darme la oportunidad de hacer cosas que me apasionan y siempre había querido hacer. A Neftalí Sillero, por toda la ayuda prestada.

A Sven Kleinhapl por cederme la fotografía del yacimiento de El Salt (apartado b de la figura 13), a Leopoldo Pérez por la fotografía de portada del capítulo de Presentación y a Eduardo Peña por la fotografía de portada del capítulo de Discusión.

A Pep Cantó, por las consultas ecológicas.

A Xavi por proporcionarme la burbuja más grande en la que desconectar de todo, apoyarme incondicionalmente y cuidarme siempre. Tinc tant per agrair-te! Tenemos mucho tiempo para eso. A Boira por recibirme como nadie, pase el tiempo que pase.

A todos, infinitas gracias.



Resumen

Capítulo 1– Presentación

A lo largo de las casi cuatro décadas de estudio en los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor (Alcoi, Alicante), numerosos trabajos han abordado el estudio de los restos faunísticos. El estudio de las faunas de mayor tamaño y los enfoques zooarqueológicos ha recibido una mayor atención que los que se centran en el estudio de los microvertebrados. De la misma manera, en la región del sureste peninsular son pocos los yacimientos de esta cronología que aborden en profundidad el estudio de la microfauna. Multitud de estudios sobre estas faunas en otras regiones han demostrado el gran potencial de este grupo de cara a conocer, no solo la diversidad faunística de los diferentes yacimientos, sino también como fuente de información paleogeográfica, paleoclimática o paleoambiental. Esta Tesis surge por lo tanto de la necesidad de conocer en profundidad la diversidad de los micromamíferos de los yacimientos de El Salt y el Abric del Pastor, y utilizar esta información como aproximación para interpretar las condiciones ambientales y climáticas de los poblamientos humanos que quedaron registrados en estos enclaves pleistocenos de la montaña alcoyana. Su estudio contribuye a suplir el vacío de información existente, tanto a escala local como a escala regional, en esta materia. Así, el propósito principal de esta Tesis es el estudio taxonómico de los restos de pequeños mamíferos fósiles del Pleistoceno Superior de los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor (Alcoi, Alicante, España), así como la reconstrucción paleoecológica y paleoclimática del momento de acumulación de los mismos.

Capítulo 2– Introducción

El Pleistoceno Superior se enmarca dentro del periodo Cuaternario y, a su vez, en

la última parte del Cenozoico, antes del Holoceno. Gracias a las inferencias realizadas a través de multitud de *proxies*, la historia climática de este periodo ha podido ser fielmente pormenorizada. Así, el Cuaternario se caracteriza por la rápida sucesión de ciclos glaciales e interglaciales, producidos principalmente por cambios en los parámetros orbitales terrestres, con una influencia determinante de los mecanismos de *feedback* del sistema climático terrestre. En relación con los estadios isotópicos marinos relativos al Pleistoceno Superior y en los que se enmarcan los niveles de estudio, el MIS 4 (71–57 ka) se caracteriza por presentar la máxima extensión de los hielos en las latitudes más septentrionales del hemisferio norte. Los registros marinos indican una temperatura de las aguas superficiales más baja y un descenso del nivel del mar de unos 100 metros por debajo del nivel actual. En el continente, las plantas semidesérticas alcanzarían valores porcentuales elevados indicando la prevalencia de condiciones áridas para buena parte de la península. Por otro lado, el siguiente estadio isotópico, el MIS 3 (57–29 ka), generalmente más termófilo que el estadio previo, se caracteriza por presentar treinta fases climáticas en las que el paso de una fase cálida a otra fría se produciría en un espacio temporal muy pequeño, suponiendo cambios bruscos de temperatura. En resumen, el MIS 3 constituyó un período de máxima variabilidad en las poblaciones forestales, durante el cual se alternarían el desarrollo del bosque y la expansión de áreas semiáridas de acuerdo con el calentamiento y enfriamiento respectivamente, de las temperaturas de la superficie del mar.

El clima indudablemente condiciona y ha condicionado la distribución y el desarrollo biológico y conductual de las distintas especies de seres vivos que existen y han existido en nuestro planeta. La dinámica climática observada para el Pleistoceno Superior tuvo su reflejo en las faunas de mamíferos.

Aquellas faunas adaptadas a condiciones frías ampliaron sus rangos de distribución durante los episodios fríos mientras que durante las fases más cálidas (interestadiales) las especies termófilas fueron las que se desplazaron hacia el norte y el este. Por su parte, los grupos de cazadores-recolectores, cuya supervivencia está fuertemente asociada a su adaptación al ambiente, también se verían influenciados por la dinámica climática cuaternaria.

El debate de la extinción de los neandertales, uno de los más recurrentes en la prehistoria europea, está centrado en la península ibérica, donde al parecer se registran las últimas poblaciones. Algunas hipótesis planteadas para la desaparición de estos grupos ya en la década de los ochenta, hacen alusión efectivamente a los cambios climáticos. Diferentes registros y modelizaciones muestran cambios significativos en la precipitación y en las temperaturas, que según algunos autores debieron influir en los patrones de asentamiento, estrategias de subsistencia y la demografía de los grupos neandertales y humanos anatómicamente modernos. No obstante, tradicionalmente, la explicación que se ha planteado para la desaparición de estos grupos apunta a la interacción de algún tipo con los humanos anatómicamente modernos. Sin embargo, diversas aproximaciones desde distintos campos apuntan a una clara discontinuidad cronológica entre los niveles adscritos al Paleolítico medio y superior, lo que descarta la influencia directa de *Homo sapiens* en la desaparición de los neandertales.

Los últimos hallazgos y las investigaciones realizadas hasta la fecha muestran que el reemplazamiento de los neandertales por los humanos anatómicamente modernos se registra en Europa como una sucesión cultural diacrónica, aproximadamente entre 48 y 36 mil años antes del presente, coincidente con un cambio climático global. No obstante, una correlación entre el clima frío

y el descenso del impacto humano hasta el abandono de los yacimientos a escala peninsular no es una evidencia causal para la desaparición de los neandertales de la península ibérica. Posiblemente, múltiples factores jugaron diferentes roles en las diferentes regiones.

Capítulo 3- Contexto

Los yacimientos incluidos en esta Tesis Doctoral, El Salt y Abric del Pastor, se encuentran en el interior de la provincia de Alicante, en el término municipal de Alcoi. Ambos enclaves arqueológicos ocupan una posición estratégica en medio de diversos biotopos que en conjunto supone la existencia de un territorio rico en recursos y que explica la elevada concentración de yacimientos en esta zona.

El yacimiento de El Salt constituyó un abrigo rocoso localizado cerca del actual curso fluvial del río Barxell, a unos 680 m.s.n.m. La secuencia estratigráfica está dividida en 13 Unidades Litoestratigráficas. Las Unidades abordadas en esta Tesis Doctoral son la Xb y V superior. La Unidad Xb constituye el segmento inferior de la Unidad X, datada por métodos de termoluminiscencia en $52,3 \pm 4,6$ ka. Contiene una elevada presencia de estructuras de combustión preferentemente localizadas cerca de la pared de travertino, acompañadas de abundantes restos líticos y faunísticos, formando un palimpsesto denso de ocupaciones humanas. En cuanto a la Unidad V, concretamente en su base, fueron hallados seis dientes posiblemente pertenecientes a un individuo juvenil o un adulto joven que formaría parte de los últimos grupos neandertales que poblarían la región. La parte superior de la Unidad es arqueológicamente estéril excepto en su parte más moderna donde fueron hallados unos pocos útiles líticos no diagnósticos y una pequeña estructura de combustión.

El yacimiento del Abric del Pastor constituyó un abrigo rocoso ubicado en una zona abrupta de montaña, concretamente en el Barranc del Cint, a unos 800 m.s.n.m. Las excavaciones actuales han puesto al descubierto una secuencia sedimentaria de 1,50 m, dividida en 6 Unidades Estratigráficas que se diferencian en diferentes aspectos texturales macroscópicos y micromorfológicos. La Unidad analizada en esta Tesis Doctoral es la IV, concretamente la subunidad b, formada por limos arcillo-arenosos, arenas y gravas de grano fino. Las dataciones obtenidas por OSL para esta subunidad arrojan una edad de $63 \pm 5,0$ ka. Aproximaciones desde diferentes disciplinas han puesto en evidencia entre 4 y 6 ocupaciones breves y de baja densidad, entre las unidades litoestratigráficas IVa, IVb y IVc.

Capítulo 4—Material y métodos

Las excavaciones en los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor se hacen en extensión y siguiendo las pendientes originales de los niveles naturales, a través de la realización de diferentes levantamientos que constituyen la unidad mínima temporal detectada en campo. En el caso de la Unidad Xb de El Salt, el sedimento resultante de la excavación fue vertido en la cuba de flotación para el separado de la materia orgánica de la inorgánica por el proceso de la densidad, mientras que el sedimento perteneciente a la Unidad V del mismo yacimiento y a la Unidad IVd de Abric del Pastor fue transportado al laboratorio de Geología de la UV donde se llevó a cabo un proceso de lavado-tamizado.

Tras el lavado, secado y fraccionado de las muestras, el material fue triado y puesto en colección sobre soportes de Lego para obtener finalmente registros individualizados listos para su identificación taxonómica.

A través de las especies identificadas en la asociación fósil se recurrió al método de la

ponderación de los hábitats (HWM) para llevar a cabo la reconstrucción paleoambiental. Este procedimiento consiste en definir unos hábitats tipo y ponderar en qué medida una especie muestra preferencias por uno u otro tipo de hábitat en base a datos actuales, adjudicando distintas puntuaciones para cada medio en forma de porcentaje o sobre un máximo de 1. Los hábitats utilizados son cinco: praderas secas (OD; praderas sometidas a cambio estacional), praderas húmedas (OW; praderas con cobertera siempre verde y densa), bosque (W; zonas de bosque maduro junto con áreas marginales de cobertera arbórea más abierta, o parches de bosque), roquedal (R; zonas de sustrato rocoso o pedregoso) y agua (W; masas de agua superficial y zonas aledañas). Para el Abric del Pastor, se recurrió a un hábitat adicional, los bosques abiertos (OWo).

Para aproximarnos al paleoclima se empleó el Método del Rango Ecogeográfico (MER). Éste identifica las regiones geográficas donde están presentes en la actualidad las especies halladas en el yacimiento, y extrapola los valores medios de los parámetros climáticos a la Unidad de estudio. Para identificar dichas regiones se usó la información contenida en el Atlas y Libro Rojo de los mamíferos terrestres en España y el programa de análisis geográfico ArcGis. Para la extracción de los valores climáticos se recurrió a las capas de información climática de WorldClim 1.4. Para conocer los posibles pisos bioclimáticos representados en el entorno del yacimiento para el momento de formación de las Unidades estudiadas, se intersectó la distribución común de las especies halladas en una asociación con la información resultante del Mapa de las Series de Vegetación de Rivas Martínez.

Posteriormente, conscientes de la heterogeneidad topográfica, y por ende también ambiental y climática, de las cuadrículas de distribución de las especies, se desarrolló una modificación del método de recons-

trucción climática MER, el método UDA-ODA *discrimination methodology*, que fue aplicado a las Unidades previamente analizadas a través del MER. Esta nueva metodología radica en obtener aproximaciones más reales de la distribución ocupada por una especie que la que figura en los atlas, con el objetivo de incrementar la precisión en las reconstrucciones climáticas derivadas del MER. Para ello es necesario definir las ODA (áreas de distribución ocupadas) y UDA (áreas de distribución incierta), siendo las primeras las utilizadas para localizar el área de solapamiento común a todas las especies y a partir de la cual extrapolar los valores climáticos al pasado.

Capítulo 5–Bloque 1.
Palaeoecological implications of Neanderthal occupation at Unit Xb of El Salt (Alcoi, eastern Spain) during MIS 3 using small mammals proxy

Se han estudiado cerca de 250 restos de pequeños mamíferos procedentes de la Unidad Xb del yacimiento del Paleolítico medio de El Salt, con la finalidad de reconstruir las condiciones paleoecológicas durante una fase de ocupación neandertal datada en $52,3 \pm 4,6$ ka. Han sido identificados un total de 7 roedores (*Microtus arvalis*, *Microtus agrestis*, *Microtus (Terricola) duodecimcostatus*, *Microtus (Iberomys) cabrae*, *Arvicola sapidus*, *Eliomys quercinus* y *Apodemus sylvaticus*), 4 insectívoros (*Erinaceus* cf. *europaeus*, *Crociodura* sp., *Sorex* sp. y *Talpidae* indet.) y 1 lagomorfo (*Oryctolagus* cf. *cuniculus*). Aplicando los métodos del Rango Ecogeográfico Común (*Mutual Ecogeographic Range method*) y la Ponderación de los Hábitats (*Habitat Weighting Method*) los resultados apuntan a que podría tratarse de un período relativamente frío ($-3,3$ °C en comparación con los valores actuales) y ligeramente más húmedo (+113,3 mm en

comparación con los valores actuales). Por su parte, el ambiente estaría compuesto principalmente por bosques abiertos (58 %) seguidos de praderas secas (20 %) y praderas húmedas (14 %). Los resultados de solapar el Mapa de Series de Vegetación de Rivas Martínez junto con la distribución común de las especies identificadas en la asociación fósil revelan el predominio del piso supramediterráneo en los alrededores del yacimiento, en lugar de las condiciones mesomediterráneas presentes hoy en día en esta zona.

Capítulo 5– Bloque 2.
Palaeoecological context for the extinction of the Neanderthals: A small mammal study of Stratigraphic Unit V of the El Salt site, Alcoi, eastern Spain

El Salt se presenta como un yacimiento de referencia para el estudio de la desaparición de las poblaciones de neandertales en la península ibérica durante el estadio isotópico 3. El conjunto de pequeños vertebrados procedentes de la Unidad Estratigráfica V analizados en este trabajo, se enmarca dentro de este objetivo general. Cerca de 1300 restos de pequeños mamíferos han sido estudiados para reconstruir las condiciones paleoecológicas de este período y arrojar luz sobre la cuestión de la desaparición de estos grupos humanos. Un total de siete roedores (*Microtus arvalis*, *Microtus (Terricola) duodecimcostatus*, *Microtus (Iberomys) cabrae*, *Sciurus vulgaris*, *Arvicola sapidus*, *Eliomys quercinus* y *Apodemus sylvaticus*), tres insectívoros (*Talpa occidentalis*, *Crociodura* sp., *Sorex* sp.) y un lagomorfo fueron identificados. Los análisis paleoecológicos realizados apuntan a condiciones más áridas en la parte superior de la Unidad estudiada (Unidad V), apoyando la hipótesis de que un escenario de aridificación pudo haber jugado un papel relevante en la desaparición de los grupos neandertales que habitaron esta región de la península ibérica.

Capítulo 5– Bloque 3.

Improving the accuracy of small vertebrate-based palaeoclimatic reconstructions derived from the Mutual Ecogeographic Range. A case study using geographic information systems and UDA-ODA discrimination methodology

Comprender el clima en el pasado y los mecanismos de cambio climático siguen siendo los principales desafíos en la investigación científica. El método MER para la reconstrucción climática utiliza la distribución geográfica actual de las asociaciones fósiles para inferir las condiciones paleoclimáticas. La distribución actual de las especies utilizadas en este método, generalmente se obtiene a partir de atlas biogeográficos que registran las ausencias y las presencias de especies en una cuadrícula de 10 x 10 km. Si una especie es encontrada en al menos una pequeña parte de un cuadro de 100 km², la especie aparecerá como presente en todo este territorio. 100 km² constituye un área bastante grande que puede encerrar una elevada heterogeneidad ambiental. Ésta se encuentra fuertemente relacionada con la topografía, y las condiciones climáticas pueden cambiar abruptamente en unos pocos kilómetros, pudiendo existir condiciones muy diferentes dentro de cada unidad de la cuadrícula de distribución. Para mejorar la precisión de las reconstrucciones paleoclimáticas a través de los pequeños vertebrados derivadas del método MER, se ha desarrollado la metodología de discriminación UDA-ODA (*UDA-ODA discrimination methodology*), que se aplica a las Unidades Estratigráficas Xb y a la Unidad V Superior de El Salt (Alcoi, España). Por un lado, identificamos dentro de cada cuadro de 10 x 10 km, el Área de Distribución Ocupada (ODA), que denota áreas donde la especie puede estar presente y, por otro lado, identificamos las UDA (Área

de Distribución Incierta) donde la especie estaría ausente. Para ello combinamos la distribución de las especies registrada en los atlas y los requisitos ambientales de las especies descritos en la literatura científica. Los valores climáticos obtenidos de estas áreas (ODA y UDA) mostraron diferencias significativas. Dado que en el MER se utilizan ambas áreas en la distribución de las especies, los valores climáticos que se obtienen incluyen valores no asociados realmente a las especies, obteniéndose por tanto reconstrucciones climáticas menos fieles. La extrapolación de los valores procedentes de áreas que son más similares a las realmente ocupadas por las diferentes especies (ODA) aporta parámetros climáticos más representativos para la asociación estudiada, lo que resulta en una reconstrucción paleoclimática más precisa. Además, el análisis de discriminación aquí propuesto nos permite trabajar con especies cuya distribución está actualmente perturbada, lo que no es posible al usar el método MER.

Capítulo 5– Bloque 4.

Microvertebrados de la Unidad IVd de Abric del Pastor (Alcoi, Alicante)

La península ibérica es crucial para entender la respuesta de los neandertales a las fluctuaciones en las condiciones ambientales. El registro paleoambiental para el MIS 4, periodo en el que se enmarca la Unidad IVd de Abric del Pastor, es conocido en menor medida que el de los estadios isotópicos 3 y 5. Con este estudio se pretende contribuir a cubrir parte del vacío de información existente para este periodo en esta región de la península. La asociación de micromamíferos estudiada incluye *Crocidura gr. russula-gueldenstaedtii*, *Microtus (l.) cabreræ*, *Apodemus sylvaticus* y *Eliomys quercinus*. La aplicación del *Habitat Weighting Method* sobre los micromamíferos identificados, así como la herpetofauna encontrada en la Unidad

estudiada, da como resultado un ambiente predominantemente formado por bosques abiertos (47 %), seguido de bosques (23 %) y praderas húmedas (22 %) para el momento de formación de la Unidad. Por su parte, la aplicación del UDA-ODA *discrimination methodology* a la asociación fósil revela una temperatura media anual de 12,49 °C y una precipitación media de 631,47 mm, lo que supone unas condiciones más frías y ligeramente más lluviosas respecto a la actualidad en la zona de estudio. El piso bioclimático identificado para este momento en el entorno inmediato al yacimiento es el piso mesomediterráneo, el mismo que encontramos actualmente en esta zona. Los valores obtenidos a través del estudio de la microfauna no son del todo coincidentes con los resultados paleoecológicos derivados de los estudios antracológicos. La disparidad de resultados podría explicarse por una procedencia diferente de los restos antracológicos y faunísticos. Por un lado, la microfauna analizada procedería en mayor medida del fondo del actual Barranc del Cint y las áreas más bajas del Valle del Serpis, mientras que la madera para combustible sería recolectada en las áreas más elevadas y escarpadas con una menor disponibilidad de agua.

Capítulo 6–Discusión global

La aplicación de UDA-ODA *discrimination methodology* ha permitido obtener estimaciones climáticas más precisas para los momentos de formación de las Unidades Estratigráficas estudiadas en los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor. Esto es debido al uso de áreas que reflejan de manera más precisa dónde se distribuye realmente cada especie, en lugar de utilizar la distribución recogida en los atlas para localizar el área común de distribución de las especies de la asociación. Así lo demuestra el nivel de significación obtenido tras aplicar un T-Test entre los valores derivados de las áreas ODA y UDA para cada especie identificada en el

yacimiento y para cada parámetro climático calculado, que demuestra que estos valores son estadísticamente diferentes, al igual que para cada variable climática y asociación estudiada.

El estudio de los micromamíferos de las secuencias estratigráficas de El Salt y Abric del Pastor ha permitido realizar aproximaciones al clima y a los tipos de hábitat de los valles de Alcoi en buena parte del Pleistoceno Superior. Éstos han contribuido a la caracterización climática y ambiental de este periodo en la región sureste de la península ibérica, en el que escasean los yacimientos de estas cronologías. Esta escasez de yacimientos dentro de la región de estudio con niveles situados cronológicamente próximos o coincidentes con los estudiados, y que además contengan registro de micromamíferos, imposibilita un cruce de resultados exhaustivo que permita una correlación climática. La consideración de otras disciplinas como la palinología o la antracología, posibilita las comparaciones en mayor medida, aunque de manera limitada debido a la escasa equivalencia temporal de los diferentes yacimientos en esta región.

Del análisis realizado en el yacimiento de Abric del Pastor se desprende que en torno a los 63 ka, a finales del MIS 4, las zonas más bajas y encajadas del barranco junto con el fondo del valle del Serpis, estarían dominadas por taxones de ribera y faunas con requerimientos ecológicos más propios de zonas húmedas, mientras que las zonas más rocosas y elevadas estarían principalmente ocupadas por formaciones de *Juniperus*. El marco biocronológico inferido de la asociación faunística registrada abarca parte del Pleistoceno Medio y todo el Pleistoceno Superior, no pudiendo la fauna aportar mayor precisión a la asignación de edad de esta Unidad. El hecho de que existan muy pocos yacimientos con niveles datados dentro de este estadio isotópico

imposibilita las correlaciones para precisar la biocronología o establecer similitudes climáticas. No obstante, los pocos yacimientos y registros marinos con los que se cuenta para el MIS 4 coinciden con nuestros resultados en la prevalencia de condiciones frías y la presencia de árboles en esta zona a pesar de tratarse de un periodo frío y árido.

La evolución paleoclimática y paleoambiental en el registro estratigráfico de El Salt nos permite distinguir una tendencia de unas condiciones más frescas y húmedas para un momento con ocupaciones neandertales recurrentes, a otras más continentales y áridas para el momento estudiado tras la desaparición de éstos grupos neandertales.

De la comparación de las diferencias de temperatura y precipitación para cada nivel estudiado respecto a los valores actuales en el municipio de Alcoi, con las diferencias observadas en otros yacimientos de similar cronología respecto a sus valores actuales, se observan similitudes con yacimientos adscritos a periodos climáticamente muy diferentes. De esta manera no se pueden establecer correlaciones climáticas ni cronológicas. No obstante, a grandes rasgos las reconstrucciones derivadas del estudio de los micromamíferos de El Salt son coherentes con la imagen para el MIS 3 derivada de reconstrucciones a través de este y otros proxies. Así, el recrudescimiento climático precedente al Evento Heinrich 4 detectado en múltiples registros a nivel peninsular también ha sido identificado en El Salt a través de diferentes proxies, incluido el estudio de los micromamíferos. La incertidumbre sobre el momento de desaparición de los Neandertales y el carácter fragmentario de las secuencias arqueológicas dificulta la comprensión de los mecanismos que llevaron a esta especie a su extinción, así como el contexto climático en el que se sucedieron los hechos. La imagen general para la península ibérica durante el

Pleistoceno Superior incluye una diversidad de paisajes que incluye bosques, bosques abiertos, sabanas, praderas o estepas que fluctuarían en respuesta a los cambios entre los estadales y los interestadales, produciéndose principalmente fases alternantes de desarrollo de áreas semiáridas y bosques, respectivamente. Los estudios a escala regional aparecen como requisito para analizar otros posibles factores concomitantes que, combinados con análisis estratigráficos interdisciplinares de alta resolución, ayuden a la comprensión de las dinámicas climáticas y demográficas implicadas en este proceso.

Capítulo 7- Conclusiones y perspectivas de futuro

Durante la segunda mitad del Pleistoceno Superior, los valles de Alcoi estuvieron ocupados por una diversidad de especies de micromamíferos en general bastante elevada. Las especies que hasta el momento han sido identificadas en Abric del Pastor son *Crocidura* gr. *russula-gueldenstaedtii*, *Microtus* (*I.*) *cabrerae*, *Apodemus sylvaticus* y *Eliomys quercinus*. Para el yacimiento de El Salt, con una diversidad bastante más elevada, las especies identificadas son: *Crocidura* gr. *russula-gueldenstaedtii*, *Oryctolagus cuniculus*, *Microtus arvalis*, *Microtus* (*I.*) *cabrerae*, *Microtus* (*T.*) *duodecimcostatus*, *Apodemus sylvaticus* y *Eliomys quercinus*, *Arvicola sapidus*, *Talpa occidentalis*, *Sciurus vulgaris*, *Sorex* sp., *Erinaceus europaeus* y *Microtus agrestis*.

La metodología desarrollada en esta tesis, UDA-ODA *discrimination methodology* permite obtener aproximaciones más precisas del contexto climático imperante en el momento de formación de una Unidad Estratigráfica determinada, como son los casos de las Unidades IVd de Abric del Pastor y las Unidades Xb y V superior de El Salt. Los resultados derivados de esta nueva metodología apuntan a condiciones

más frías y húmedas que en la actualidad. Para la secuencia temporal registrada en El Salt se observa una tendencia hacia el empeoramiento climático detectado en la transición hacia el Evento Heinrich 4.

Dada la naturaleza diacrónica y regional del proceso de desaparición de los neandertales, los resultados obtenidos del estudio y posteriores inferencias sobre la fauna de micromamíferos fósiles de estos yacimientos, los hacen de capital importancia para conocer el contexto climático del MIS 4–MIS 3 y ayudar a comprender este evento bioantropológico en la región sureste de la península ibérica.

La aplicación del método aquí expuesto a otros yacimientos de la península ibérica supondría una herramienta que aportaría mayor precisión en el conocimiento y comprensión del clima durante el MIS 4, con algunas incógnitas climáticas por resolver, y del MIS 3, estadio donde se produce la desaparición de los grupos neandertales, aún por causas desconocidas.

1. Presentación



Desde 1986 un equipo integrado por investigadores de la Universidad de La Laguna desarrolla un proyecto de excavación e investigación del yacimiento alcoyano de El Salt, que en 2005 se extendió a otro yacimiento del mismo municipio, el Abric del Pastor. Este equipo, dirigido por los Doctores Bertila Galván, Cristo Hernández y Carolina Mallol, viene estudiando estos yacimientos desde una perspectiva interdisciplinaria centrada en el conocimiento de los primeros poblamientos humanos de los valles alcoianos (Fumanal, 1994; Galván et al., 2006; Dorta et al., 2010; Machado et al., 2011; Sistiaga et al., 2011; Afonso, 2013; Sistiaga et al., 2014; Pérez et al., 2017a, 2019; Leierer et al., 2019). A lo largo de las casi cuatro décadas de estudio, numerosos trabajos han abordado el estudio de los restos faunísticos recuperados en las secuencias del Paleolítico medio registradas en estos yacimientos (Sarrión, 1990; Guillem-Calatayud, 1995, 2000; Morales y Sanchis, 2009; Sanchis et al., 2015a; Machado y Pérez, 2016; Pérez et al., 2017a). Durante este periodo de tiempo, el estudio de las faunas de mayor tamaño y los enfoques zooarqueológicos han recibido una mayor atención que los que se centran en el estudio de los microvertebrados. En la región del sureste peninsular son pocos los yacimientos de esta cronología que aborden en profundidad el estudio de la microfauna, y El Salt y el Abric del Pastor formaban parte de este conjunto. Mientras que las faunas de microvertebrados eran totalmente desconocidas en el Abric del Pastor, en El Salt únicamente se conocía la presencia de unas pocas especies (Sarrión, 1990; Guillem-Calatayud, 1995, 2000).

Los estudios sobre microvertebrados en otras regiones han demostrado el gran potencial de este grupo de cara a conocer, no solo la diversidad faunística de los diferentes yacimientos, sino también como fuente de información para realizar reconstrucciones de tipo paleogeográfico, paleoclimático o paleoambiental (Kotlik et

al., 2006; Hernández Fernández et al., 2007; Fløjgaard et al., 2009; Cuenca-Bescós et al., 2010; Laplana y Sevilla, 2013; López-García et al., 2014a; García-Ibaibarriaga et al., 2015; Fernández-García et al., 2016; Bañuls-Cardona et al., 2016; Berto et al., 2016; Blain et al., 2016, entre otros ejemplos).

Esta Tesis surge por lo tanto de la necesidad de conocer en profundidad la diversidad de los micromamíferos de los yacimientos de El Salt y el Abric del Pastor, y utilizar esta información como aproximación para interpretar las condiciones ambientales y climáticas de los poblamientos humanos que quedaron registrados en estos enclaves pleistocenos de la montaña alcoiana. Su estudio contribuye a suplir el vacío de información existente, tanto a escala local como a escala regional, en esta materia. Así, el propósito principal de esta Tesis es el estudio taxonómico, paleoecológico y paleoclimático de los restos de pequeños mamíferos fósiles del Pleistoceno Superior de los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor (Alcoi, Alicante, España).

1.1 Objetivos

Los objetivos planteados inicialmente en la Tesis han sido modificados conforme ha ido avanzado el desarrollo de la misma. Así, inicialmente nos planteamos la aplicación de algunos métodos de reconstrucción climática y ambiental al estudio de las asociaciones de micromamíferos de los yacimientos analizados. Más tarde, vimos la conveniencia de introducir mejoras en alguno de estos métodos para obtener un mejor rendimiento de las bases datos de partida y resultados más precisos. De esta forma, los objetivos planteados finalmente han sido los siguientes:

1. Obtención de las muestras de microvertebrados de los yacimientos analizados con los protocolos adecuados para que los materiales recuperados puedan servir de base a los estudios taxonómicos y paleoecológicos posteriores.

2. Identificación taxonómica de los diferentes grupos de mamíferos hallados en las Unidades estudiadas.

3. Reconstrucción climática y ambiental de los diferentes intervalos estratigráficamente analizados mediante el *Habitat Weighting method* (HWM) y el *Mutual Ecogeographic Range method* (MER).

4. Optimización del método de reconstrucción paleoclimático conocido como MER, con la finalidad de sistematizar adecuadamente su uso de acuerdo a las bases de datos sobre distribución de especies de mamíferos existentes, así como obtener unos resultados más precisos de las reconstrucciones del pasado y aplicación a las asociaciones faunísticas estudiadas, con énfasis especial sobre las últimas ocupaciones neandertales y su desaparición en el levante peninsular.

5. Contextualización bioestratigráfica, cronoeestratigráfica y paleoclimática del registro de El Salt y Abric del Pastor sobre la base de la información derivada de los puntos anteriores y de las dataciones absolutas previamente existente en estos yacimientos.

1.2 Estructura de la Tesis

La presente Tesis Doctoral, que se presenta como compendio de publicaciones, se encuentra estructurada en ocho capítulos, en los que se combinan tanto datos publicados como datos inéditos. El presente capítulo (primer capítulo) recoge una breve exposición de la problemática, los motivos y los objetivos propuestos, así como la estructuración de los contenidos elegidos para esta Tesis Doctoral. El segundo de los capítulos, “Introducción”, se divide en tres apartados que incluyen en primer lugar, información esencial sobre el Cuaternario y su dinámica climática, así como la influencia de ésta en la desaparición de los neandertales. El tercer apartado recoge algunos de los métodos de

inferencia climática y ambiental basados en el estudio de los micromamíferos, su aplicabilidad y limitaciones.

El tercer capítulo incluye una síntesis de la información derivada de los yacimientos analizados en esta Tesis Doctoral y se aporta el contexto geográfico, geológico, climático y ecológico de los valles en los que se encuentran los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor.

A continuación, el capítulo número cuatro, “Material y métodos” incluye una breve descripción de los aspectos relacionados tanto con los materiales estudiados como con las metodologías aplicadas, y que no se encuentran ya descritas en los apartados dedicados a estas cuestiones en los artículos incluidos en esta Tesis, ya sea por la normativa de las revistas en las que se han publicado o por otros motivos. Se incluye también la metodología relativa al apartado inédito (bloque 4 del capítulo 5 de Resultados).

El capítulo cinco incluye los resultados directos de esta investigación, es decir el compendio de publicaciones y una parte inédita, que conforman cuatro bloques en conjunto. El primer bloque se corresponde con el primero de los artículos titulado “*Palaeoecological implications of Neanderthal occupation at Unit Xb of El Salt (Alcoi, Eastern Spain) during MIS 3 using small mammals proxy*” (Fagoaga et al., 2018). El segundo bloque “*Palaeoecological context for the extinction of the Neanderthals: A small mammal study of Stratigraphic Unit V of the El Salt site, Alcoi, eastern Spain*” recoge las investigaciones en otra Unidad del yacimiento de El Salt, la Unidad V superior y se establecen comparaciones con la Unidad previamente estudiada y recogida en el primer artículo (Unidad Estratigráfica Xb) (Fagoaga et al., 2019a). En el último de los artículos publicados “*Improving the accuracy of small vertebrate-based palaeoclimatic reconstructions derived from the Mutual*

Ecogeographic Range. A case study using Geographic Information Systems and UDA-ODA discrimination methodology” se incluye una nueva metodología que permite obtener reconstrucciones climáticas más precisas a partir del estudio de los micromamíferos (Fagoaga et al., 2019b). Asimismo, se adjunta material suplementario inédito. El cuarto bloque constituye el estudio de las faunas de micromamíferos del yacimiento de Abric del Pastor. Estos datos acaban de ser publicados como parte de una investigación multidisciplinar centrada en la reconstrucción de las condiciones paleoambientales en buena parte de la secuencia del yacimiento (Connolly et al., *in press*). No obstante, en este bloque se aporta como novedad respecto a este artículo la aplicación de la metodología UDA-ODA *discrimination methodology* a las faunas de micromamíferos encontrados en este yacimiento.

El sexto capítulo consiste en una discusión global de los artículos y de la parte inédita, que recoge y establece de manera conjunta los logros alcanzados en relación al contexto climático y ambiental de la península ibérica con especial énfasis en la región mediterránea durante el MIS4-MIS3.

A continuación, las conclusiones principales de esta investigación junto con las opciones que se derivan de esta Tesis Doctoral constituyen el capítulo séptimo titulado “Conclusiones y perspectivas de futuro”. El capítulo octavo, “Referencias”, recoge la bibliografía consultada y citada en el cuerpo de la Tesis (a excepción de los artículos, que ya constan de dicho apartado) , Por último, esta Tesis finaliza con un anexo de láminas que incluye parte del material fósil con el cual se ha trabajado.

2. Introducción



2.1 El Cuaternario y su dinámica climática. El Pleistoceno Superior

El Pleistoceno Superior (126–11,7 ka) se enmarca dentro del periodo Cuaternario (últimos 2,58 millones de años) y a su vez, en la última parte del Cenozoico, antes del Holoceno (Figura 1). El Cuaternario representa la etapa final de una tendencia hacia el enfriamiento del clima terrestre que se inició hace aproximadamente 40 Ma y que culmina con las oscilaciones cíclicas glaciales–interglaciales que caracterizan este período (Oches, 2009).

La historia climática del Cuaternario ha sido inferida a partir de múltiples evidencias: sedimentos marinos y lacustres, núcleos de hielo, glaciares, arrecifes de coral, registros de cueva, depósitos de loess y polen fósil entre otras (Marshall, 2009 y las referencias en éste). Para comprender este periodo, es necesario conocer los procesos que produjeron aquello que lo define: las oscilaciones climáticas.

2.1.1 Motor climático del Cuaternario

El Cuaternario se caracteriza por la rápida sucesión de ciclos glaciales e interglaciales. Éstos están determinados principalmente por fuerzas externas (cambios en los parámetros orbitales terrestres), aunque los mecanismos climáticos de *feedback* del sistema climático terrestre también juegan un papel importante.

El ingeniero y matemático serbio Milutin Milankovitch ya apuntó en 1949 a una relación de los cambios climáticos en la Tierra con variaciones en la órbita terrestre. Éstos se conocen con el nombre de Ciclos de Milankovitch (Figura 2), y son ciclos astronómicos generados por la manera en que la Tierra gira alrededor del Sol (Foucault, 1993).

				age (Ma)		
Cenozoico	Quaternary	Holocene	U/L	Meghalayan	present	
			M	Northgrippian	0.0042	
			L/E	Greenlandian	0.0082	
		Pleistocene		Upper	0.0117	
				Middle	0.126	
			Calabrian	0.781		
			Gelasian	1.80		
	Neogene	Pliocene		Piacenzian	2.58	
				Zanclean	3.600	
		Miocene		Messinian	5.333	
				Tortonian	7.246	
				Serravallian	11.63	
				Langhian	13.82	
				Burdigalian	15.97	
				Aquitanian	20.44	
		Paleogene	Oligocene		Chattian	23.03
					Rupelian	27.82
	Eocene			Priabonian	33.9	
				Bartonian	37.8	
			Lutetian	41.2		
			Ypresian	47.8		
Paleocene			Thanetian	56.0		
			Selandian	59.2		
			Danian	61.6		
			66.0			

Figura 1. Tabla cronoestratigráfica de la Era Cenozoica. International Union of Geological Sciences (<http://www.stratigraphy.org/>).

El movimiento terrestre en torno al Sol se puede caracterizar mediante tres parámetros: oblicuidad, excentricidad y precesión.

La oblicuidad es la inclinación del eje terrestre de rotación que varía con una periodicidad de 41.000 años y es la responsable del grado de insolación, produciendo la estacionalidad. Esta es mayor cuanto más agudo es el ángulo. La oblicuidad parece

ser la responsable de la periodicidad de los ciclos glaciales en la primera parte del Pleistoceno, aunque también tiene bastante influencia en la segunda parte, donde los ciclos son de mayor duración, entre 80.000 y 120.000 años.

La excentricidad de la órbita de traslación de la Tierra alrededor del Sol hace referencia a la variación de la forma de dicha órbita, que pasa de ser casi circular a elíptica, cada 100 y 400 años aproximadamente. Si la Tierra está alejada del Sol durante el verano en el hemisferio norte, los estíos serán relativamente fríos y los inviernos templados. Por su parte en el hemisferio sur ocurriría lo con-

trario. A mayor excentricidad de la órbita, mayores son los contrastes verano-invierno en un hemisferio y menores en el otro, dependiendo en cada caso de las estaciones en que ocurran el afelio y el perihelio (Rial, 1999; Rutherford y D'Hondt, 2000).

La precesión de los equinoccios es el cambio en la dirección del eje de rotación de la Tierra que gira alrededor de una recta perpendicular al plano de la elíptica, como consecuencia de la forma de la Tierra (achatada por los polos y engrosada en el Ecuador). El efecto de estos ciclos ha podido ser constatado en diversos estudios, sobretudo en sedimentos marinos. Del estudio de

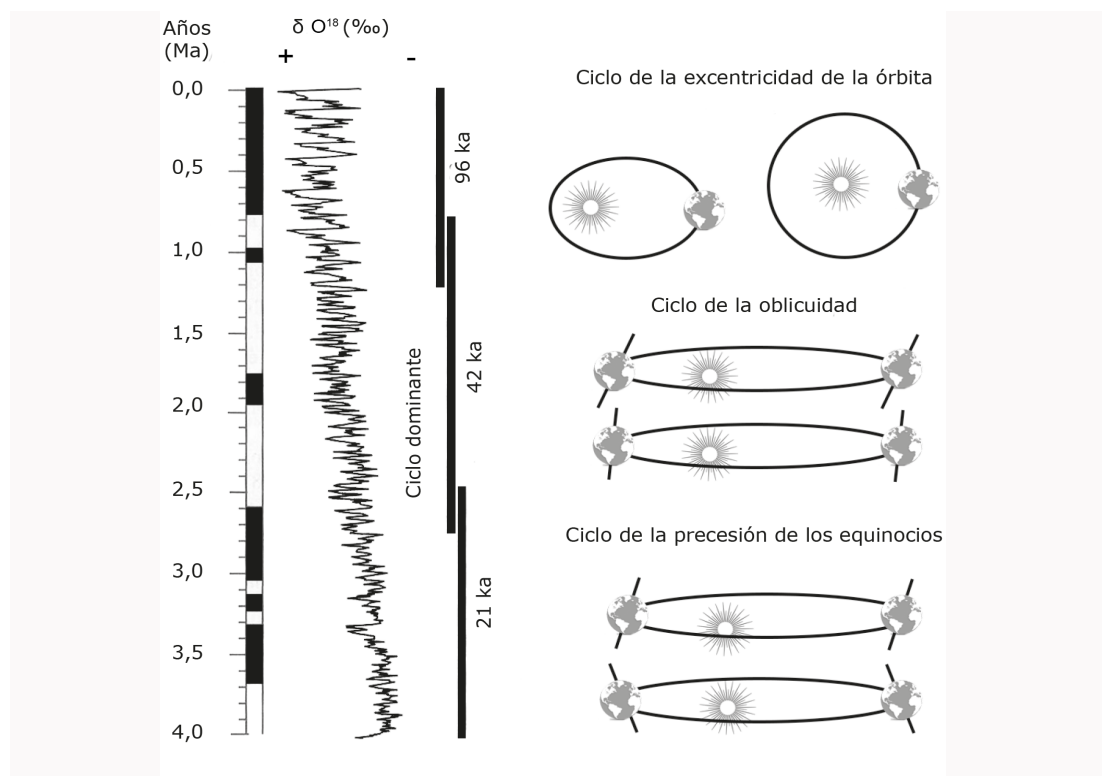


Figura 2. Ciclos de Milankovich y el predominio de cada ciclicidad en los últimos 4 millones de años, que pueden ser observados en curvas de proporción de isótopos de oxígeno de foraminíferos de sondeos marinos (Shakleton, 1995) (modificado de Carbonell y Rodríguez, 2005).

los isótopos de oxígeno de los esqueletos de los foraminíferos se han podido elaborar curvas de variación de temperatura, que son de carácter cíclico y en las que es posible reconocer los Ciclos de Milankovitch y qué parámetro orbital determina dicha ciclicidad en cada momento (Shackleton, 1995; 2000; Cacho et al., 1999) (Figura 2).

El análisis de registros polínicos también ha posibilitado la identificación de variabilidad a escala milenaria en la vegetación (Allen et al., 1999; Fletcher y Sánchez-Goñi, 2008; Fletcher et al., 2010; Harrison and Sánchez-Goñi, 2010).

Los cambios en la insolación de la zona templada del hemisferio norte se plantean como aspectos críticos en la ejecución de los ciclos. No obstante, estas fuerzas orbitales parecen no ser las causantes únicas y directas de los ciclos que caracterizan al Cuaternario. Diversos mecanismos *feedback* parecen haber amplificado los efectos en el clima y se les considera críticos como impulsores en las glaciaciones y deglaciaciones (Figura 3).

El aumento del hielo en el hemisferio norte debido a una baja insolación en este punto, se tradujo en una menor penetración de la Corriente del Golfo hacia el norte lo que implicó una reducción de la cantidad de agua cálida que llegaba a latitudes más al norte. La reducción de los gases de efecto invernadero también conduciría a un enfriamiento global. Todo esto permitió el aumento del enfriamiento del hemisferio norte y de la expansión de las capas de hielo. No obstante, al desplazarse cada vez más las aguas cálidas de superficie hacia zonas más al sur, la humedad necesaria para la formación de hielo iría decreciendo. Esta condición junto con el aumento de insolación en verano en latitudes 65° N conduciría al comienzo del deshielo. El resultado sería una subida del nivel del mar y el aumento de gases de

efecto invernadero como el CO₂, el CH₄ y el vapor de agua.

Las últimas investigaciones apuntan a los cambios en el ciclo de carbono como una fuerza motriz clave y no como una respuesta a los ciclos glacial-interglacial, siendo las variaciones en este ciclo las que produjeron los cambios en el volumen de hielo global (Raymo y Huybers, 2008).

2.1.2 El Pleistoceno Superior: diversidad de ambientes y climas

De acuerdo con la International Union of Geological Sciences, el Pleistoceno Superior se inicia hace 126 ka y finaliza hace 11,7 ka. Desde el punto de vista de la cronología climática, el Pleistoceno Superior comprende la parte final del penúltimo ciclo glacial (abarca gran parte del penúltimo Interglacial – que tuvo lugar entre hace 130–115 ka aproximadamente–, por lo que el inicio del Pleistoceno Superior no es coincidente, sino ligeramente posterior, a la Terminación II) y la mayor parte del último ciclo glacial (incluye la Última Edad del Hielo pero no el Interglacial actual) hasta la Terminación I.

En relación con la sucesión de estadios isotópicos marinos (MIS), el Pleistoceno Superior se inicia poco después del límite entre el MIS6–5 (fechaado en 130 ka de acuerdo con Lisiecki y Raymo, 2005), e incluye la mayor parte del MIS5, el MIS4–3–2 y la parte más antigua del MIS1 (desde 14,5 ka – límite entre el MIS2–1 – hasta 11,7 ka).

El Pleistoceno Superior comienza con un periodo interglacial conocido como Eemiense. Éste es aproximadamente equivalente al MIS 5e y se caracteriza por la desaparición de los hielos en Europa debido a los niveles de insolación estival y a un aumento del dióxido de carbono. El derretimiento de los hielos provocó una subida del nivel del mar de unos cien metros sobre

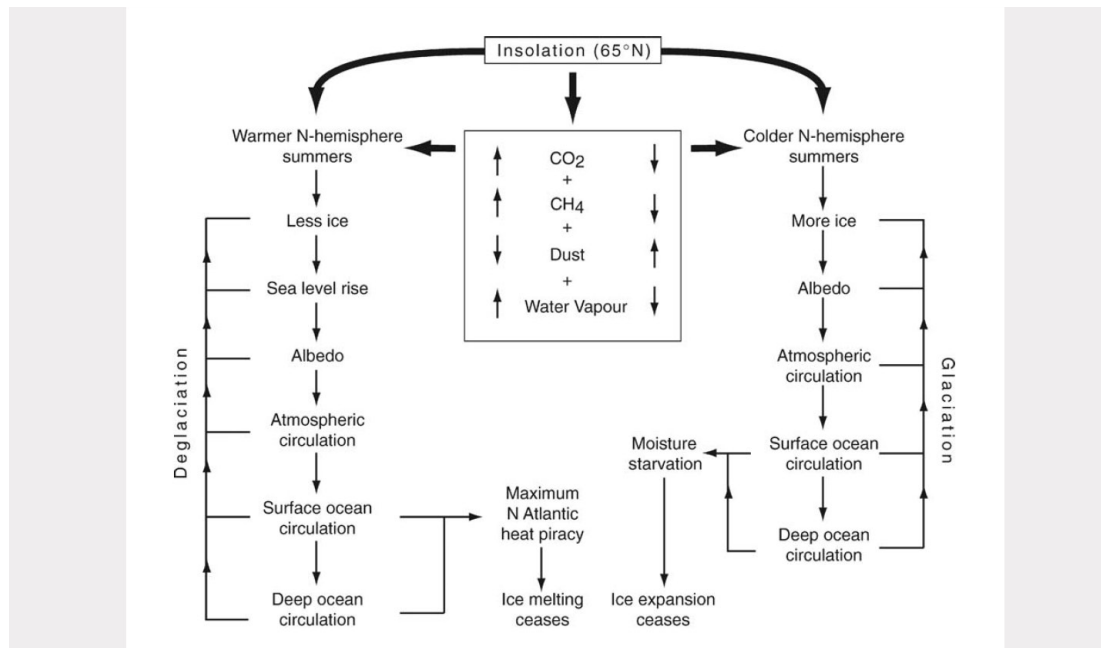


Figura 3. Resumen de los mecanismos de *feedback* potenciados por la insolación en latitudes 65° N que conduce a la glaciación o deglaciación (modificado de Maslin, 2009).

el litoral mediterráneo y la propagación de una vegetación completamente arbórea (Rohling et al., 2014). El bosque mediterráneo alcanzó su máxima expansión en el suroeste de Iberia, mientras que en el norte de la península ibérica los bosques de robles se desarrollaron hasta hace 110.000 años (Figura 4b,5) (testigo MD99-2331) (Sánchez-Goñi y d'Errico, 2005).

Un sondeo realizado en la Laguna de Salines (Alicante) muestra una mayor abundancia de las angiospermas frente a las coníferas así como una buena representación de árboles mesófilos y un aumento de Poaceae y hidrohigrófitas que apunta a niveles superiores de precipitación para esta región de la península (Carrión, 2012) (Figura 5). A partir del estudio de foraminíferos y/o alquenonas se registran para este periodo condiciones climáticas similares a las actuales (Sánchez-Goñi et al., 1999; Shackleton et al., 2003).

Posteriormente, tienen lugar dos intervalos fríos (5d y 5b) y dos más cálidos (5c y 5a) (Sánchez Goñi et al., 1999; Shackleton, 1969) permitiendo el desarrollo de formaciones de estepa y bosques respectivamente (Shackleton et al., 2003; Sánchez-Goñi y d'Errico, 2005) (Tabla 1).

El siguiente periodo, el MIS 4 (71–57 ka) (Lisiecki y Raymo, 2005) (inicio de la glaciación Würm Alpina), que sucedió a este periodo general y globalmente cálido, se caracteriza por la máxima extensión de los hielos en las latitudes más septentrionales del hemisferio norte debido al bajo nivel de insolación estival y temperaturas de hasta 10 °C por debajo de las actuales en el océano. El hielo cubría la totalidad del norte de Europa y las islas británicas, mientras que la temperatura de las aguas superficiales del margen suroeste de la península disminuiría progresivamente (Figuras 4e,5) (testigo

MD95–2042) (Shackleton et al., 2000). Como consecuencia, tuvo lugar una disminución del nivel del mar de aproximadamente 100 m por debajo del nivel actual (Sánchez Goñi y d'Errico, 2005; Rasmussen et al., 2006). En la península ibérica los diagramas polínicos muestran un aumento progresivo de las plantas semidesérticas como *Artemisia*, *Chenopodiaceae* y *Ephedra*, constituyendo esta última el 30 % del polen total de una muestra para el sur de la península ibérica y que refleja esas condiciones de aridez (Sánchez-Goñi y d'Errico, 2005). El sondeo realizado en la Laguna de Salines (SAL) muestra la dominancia de *Pinus* y *Artemisia* en este momento (Carrión, 2012) (Figura 5). Para este momento, en la Europa central los diagramas muestran el predominio de las estepas de artemisas (Tabla 1).

Por su parte, el MIS 3 (57–29 ka) (Lisiecky y Raymo, 2005), de connotaciones más tórmofilas en el seno de la última glaciación, se caracteriza por presentar treinta fases climáticas que resultaron en cambios de temperatura en Groenlandia y en las aguas superficiales del océano. Cada una de estas fases climáticas duró entre 500 y 2.000 años, y el cambio de una fase cálida a otra fría se produciría en menos de 100 años, lo que provocaría cambios de hasta 10 °C de temperatura en la atmósfera de Groenlandia (Johnsen et al., 1992; d'Errico y Sánchez-Goñi, 2003). Las oscilaciones climáticas son conocidas como ciclos Dansgaard-Oeschger (D-O) (Dansgaard et al., 1993), donde las fases frías y cálidas se corresponderían con los estadiales (GS) e interestadiales (GI) D-O, respectivamente. Algunos estadiales serían contemporáneos a los llamados Eventos Heinrich (H) (Heinrich, 1988) (Figura 4). Estos eventos se caracterizan por una concentración elevada de detritos de hielo (*Ice Rafted Debris*-IRD) en los sedimentos marinos como consecuencia de una afluencia de icebergs en el Atlántico Norte, el elevado registro del foraminífero polar *Neogloboquadrina pachyderma* en latitudes medias y un descenso

importante de las temperaturas de superficie del mar (MD95–2043, MD99–2343) (Heinrich, 1988; Bond et al., 1993; Cacho et al., 1999; Frigola et al., 2008) (Figura 5). Hasta en cuatro ocasiones se ha registrado la llegada de icebergs a las costas de la península ibérica: en los H6 y 5 hace aproximadamente 65.000 y 45.000 años aproximadamente, en el H4 entre los 35.300 y 33.900 años y en el H3 entre 28.000 y 26.000 años (Figura 4e). Por otro lado, los ciclos D-O 16–17, 8 y 7 han sido relacionados con la expansión de los bosques y el clima mediterráneo (veranos secos, inviernos húmedos) que han sido asociados a la mínima de la precesión de los equinoccios (aparición más temprana de los equinoccios) (Figura 4f).

En resumen, el MIS 3 constituyó un período de máxima variabilidad en las poblaciones forestales, durante el cual se alternarían el desarrollo del bosque y la expansión de áreas semiáridas de acuerdo con el calentamiento y enfriamiento respectivamente, de las temperaturas de la superficie del mar (Sánchez-Goñi et al., 2002; Fletcher y Sánchez-Goñi, 2008; Fletcher et al., 2010). El desarrollo de los bosques abiertos mediterráneos coincidentes con los episodios templados de Groenlandia estaría compuesto principalmente por pinos, melojos y encinas, mientras que los episodios fríos groenlandeses se corresponderían en el sureste de la península por el predominio de *Artemisia*, *Chenopodiaceae* y *Ephedra* (Figura 4a,b).

Para el área mediterránea, durante los eventos fríos H5, 4 y 3 las precipitaciones anuales serían 400 mm y las temperaturas mínimas del mes más frío serían entre 6 y 13 °C inferiores a las actuales. Coincidiendo con estos eventos fríos, los vientos de componente noroeste y sur arrearían en la península ibérica (Moreno et al., 2002). Estas respuestas de la vegetación a los cambios climáticos sería rápida y contemporánea a las fluctuaciones de temperatura de las aguas de superficie del Atlántico

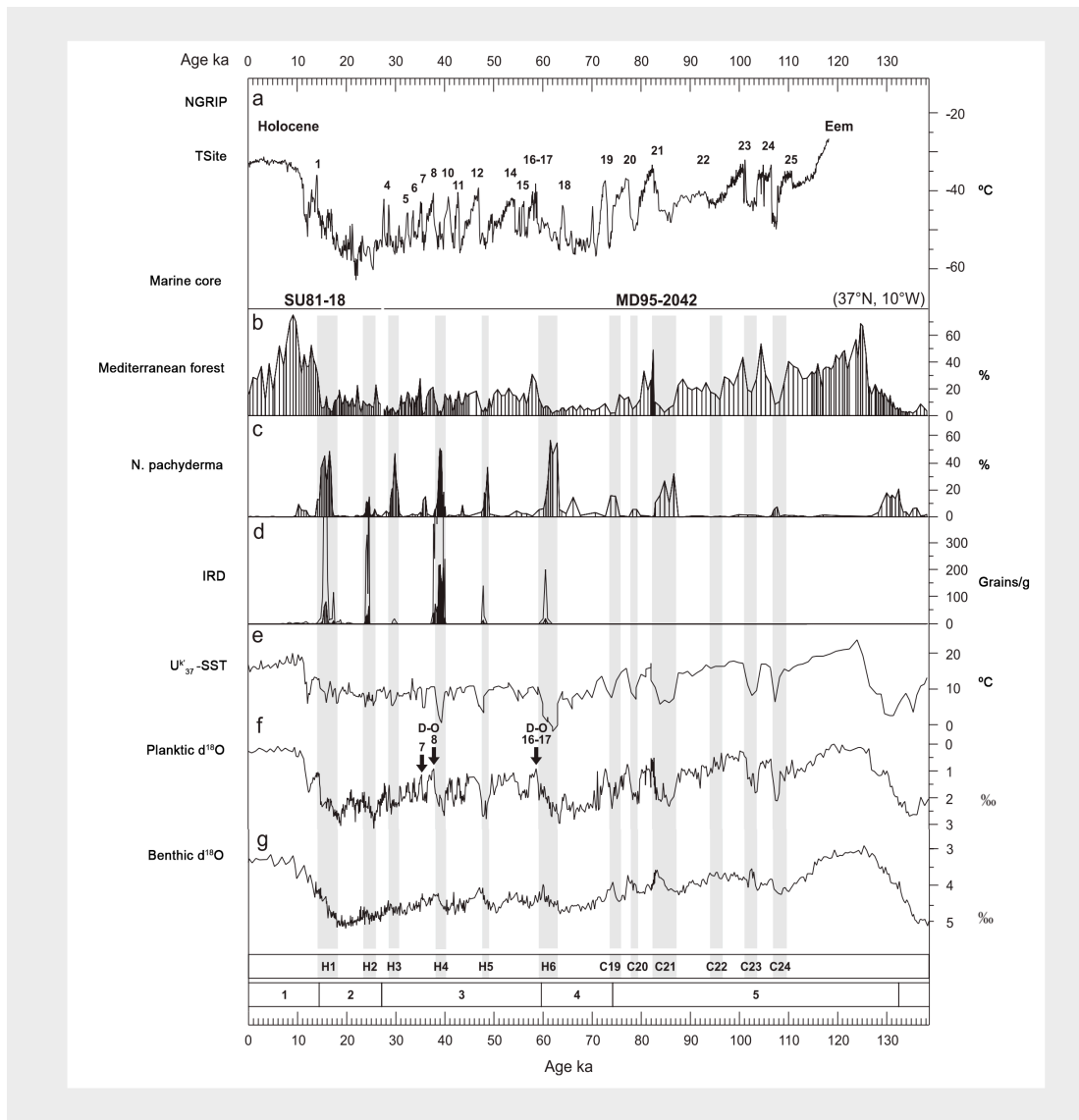


Figura 4. a) Curva de temperatura de Groenlandia derivada de las medidas isotópicas del agua y del aire (Andersen et al., 2004). b) Curva de los porcentajes de polen del bosque mediterráneo (*Quercus* caducifolio y perenne, *Olea*, *Phillyrea*, *Pistacia* y *Cistus*) (Sánchez-Goñi et al., 2008). c) Curva de los porcentajes de foraminíferos planctónicos polares. d) Curva de concentración de los *Ice-rafted debris* (IRD, partículas/gramo) reflejando los principales episodios de derretimiento de icebergs en el margen ibérico. e) Curva de la temperatura de la superficie del mar (SST) a partir del análisis de las alquenonas. f) Curva del isótopo ^{18}O del foraminífero *Globigerina bulloides*. g) Curva del isótopo ^{18}O de foraminíferos bentónicos. Los intervalos grises indican los eventos de descarga de IRDs (modificado de Sánchez-Goñi et al., 2008).

Norte (Sánchez-Goñi y d'Errico, 2005). En el yacimiento de Abric Romaní (Barcelona), para cada pulsación templada es posible deducir del análisis polínico, la expansión de encinas, robles, acebuches o aladiernos, en medio de bosques de pino bien constituidos (Burjachs y Julià, 1994) (Figura 5).

En el MIS 2 se suceden distintas etapas interstadiales (Cottés, Arcy, Kesselt, Tursac), en las que cada vez se produce una menor expansión de especies arbóreas y estas son menos termófilas, hasta llegar al Último Máximo Glacial (LGM). En este momento, las capas de hielo y los glaciares del mundo alcanzaron su máxima extensión, durante la última edad de hielo y el Younger Dryas (este último ya a comienzos del MIS1). Este periodo generalmente se caracteriza por la

expansión del paisaje abierto dominado por la vegetación semiárida (testigos ODP 977A, ODP 976) (Fletcher y Sánchez-Goñi, 2008) (Figura 5; Tabla 1).

La dinámica climática observada para el Pleistoceno Superior tuvo su reflejo en las faunas de mamíferos: como pauta general en el continente europeo, durante los episodios fríos (estadales) las especies de mamíferos adaptados a las condiciones frías ampliaron su rango de distribución hacia el oeste y el sur, mientras que durante las fases más cálidas (interstadiales) son las especies termófilas las que se desplazaron hacia el norte y el este (Sher et al., 2005; Álvarez-Lao y García, 2011; Laplana y Sevilla, 2013). Las penínsulas mediterráneas sirvieron de refugio para las especies con requerimientos



Figura 5. Localización de los testigos del margen oeste de la península ibérica (MD 99-2331, MD 95-2042), los testigos del Mar de Alborán (MD 95-2043, ODP 976, ODP977A), el testigo MD 99-2343, el yacimiento del Pleistoceno Superior adscrito culturalmente al Paleolítico medio Abric Romaní (Capellades, Barcelona) y el testigo de la Laguna de Salines (SAL), en Alicante.

Testigo N°	Localización	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Proxies	Condiciones GI	Condiciones GS	D-O ciclos	ka
MD99-2331	Margen oeste ibérico	42° 0.9' N	09 °40' W	2110	foraminíferos	Relativamente más húmedo y cálido	Más frío y aridez	Sí	190-10
MD95-2042	Margen oeste ibérico	40.58° N	9.86° O	3146	foraminíferos polen susceptibilidad magnética	SST más cálida	IRD durante HE, más frío y aridez	Si	129.8-0
ODP 976	Mar de Alborán	36° 12.31' N	4° 18.8' O	1119	Polen partículas cuarzo	Más húmedo y cálido	SST más fría, más frío y aridez	Sí	28
ODP 977A	Mar de Alborán	36° 01.91' N	1° 57.32' O	1984	Foraminíferos diatomeas	Final IS 7, 8, 11, 13 y 14 más frío	SST más fría	Sí	55-0
MD95-2043	Mar de Alborán	36° 8.598' N	2° 37.27' O	1841	Alquenonas biomarcadores polen	SST más cálida, decrece intensidad circulación termohalina	SST más fría, incremento ventilación agua profunda	Sí	50-0
SAL	Alicante	38° 30' N	00° 53' O	475	Polen	Dominan las coníferas, y <i>Artemisia</i>	Aumenta el estrato arbóreo y elementos mesófilos	No	160-0
MD99-2343	Noroeste Mar Mediterráneo	40° 29.84' N	4° 1.69' E	2391	geoquímica foraminíferos	WMDW más densa	WMDW menos profunda	Sí	50-0

Tabla 1. Localización, elevación, *proxies*, condiciones durante los interestadales en Groenlandia (GI), los estadales en Groenlandia (GS) y detección de los ciclos D-O de diferentes testigos marinos y terrestres: MD99-2331 (Gouzy et al., 2004; Naughton et al., 2007); MD95-2042 (Cayre et al., 1999; Shakleton et al., 2000; Sánchez-Goñi et al., 2000); ODP 976 (Combourieu Nebout et al., 1999); ODP 977A (Bárcena et al., 2001); MD95-2043 (Cacho et al., 1999; Sánchez-Goñi et al., 2000); SAL (Carrión, 2012); MD99-2343 (Frigola et al., 2008).

de climas más cálidos, debido a sus climas atemperados por la influencia marina y por su posición en el sur del continente (Laplana, 2018). De esta manera, las especies presentes en la península ibérica durante el Pleistoceno Medio, se mantienen, cambian su área de distribución o se extinguen durante el Pleistoceno Superior. Asimismo, otras especies sin registro previo hacen su aparición en la península (Sesé y Sevilla, 1996; Arribas, 2004; López García, 2008). No obstante, la región Mediterránea durante el Pleistoceno Superior se mantuvo por lo general relativamente estable en cuanto a las comunidades animales (Stiner y Kuhn, 2009; Nabais y Zilhao, 2019).

2.2 Influencia de la dinámica climática cuaternaria en la desaparición de los neandertales

El clima indudablemente condiciona y ha condicionado la distribución y el desarrollo biológico y conductual de las distintas especies de seres vivos que han existido en nuestro planeta, constituyendo un factor decisivo en la vida de éstas. Tal es el caso de los grupos de cazadores recolectores cuya supervivencia está fuertemente asociada a su adaptación al ambiente.

La extinción de los neandertales es y ha sido, uno de los elementos de debate más recurrentes en la prehistoria europea. Todavía faltan datos empíricos que permitan confirmar o rechazar las hipótesis sobre esta

cuestión, por lo que la pregunta al porqué de su extinción permanece aún sin resolver. El debate está centrado sobre todo en la península ibérica, ya que esta región parece registrar las últimas poblaciones neandertales (Wood et al., 2013; Higham et al., 2014; Hublin, 2015; Marín-Arroyo et al., 2018).

Tradicionalmente la explicación que se ha planteado para la desaparición de los grupos neandertales ha sido su interacción con los humanos anatómicamente modernos (HAM), bien por el reemplazo de los neandertales aborígenes por las poblaciones inmigrantes de *Homo sapiens* (Bar-Yosef, 2002, 2006; Mellars, 2006) o la asimilación y aculturación de las poblaciones neandertales por parte de los HAM (Stringer et al., 2004; Zilhao, 2006). Ambos modelos suponen la interacción de las dos especies por lo que el estudio pormenorizado de aquellos yacimientos en los que sea visible el contacto directo de ambos grupos podría arrojar luz a la cuestión de su desaparición. No obstante, recientes aproximaciones desde diversos campos como la paleoclimatología, la micromorfología de suelos o los nuevos métodos de datación están cuestionando esta visión tradicional. Un trabajo que recopila información procedente de diversos yacimientos peninsulares en los que se registra la transición del Paleolítico medio al superior, muestra la existencia de discontinuidades estratigráficas en un número relativamente significativo de yacimientos (Mallol et al., 2012). Así, dieciocho de los veintiún yacimientos ibéricos incluidos en el trabajo de Mallol et al. (2012) muestran una clara discontinuidad cronológica entre los niveles adscritos al Paleolítico medio y superior, lo que supone un espacio de tiempo considerable entre unas y otras ocupaciones en los yacimientos en cuestión. Este escenario no apoya por lo tanto, la influencia directa de *Homo sapiens* en la desaparición de los neandertales.

Otra de las hipótesis que barajan algunos autores para la desaparición de estos gru-

pos humanos es la del cambio climático. De hecho, el clima siempre se ha considerado como un factor relevante en el reordenamiento biológico. En la década de los ochenta, varios autores propusieron un escenario que señalaba al clima como un factor en el reemplazamiento de los neandertales por los HAM (Leroyer y Leroi-Gourhan, 1983; Leroyer, 1988). Desde entonces, muchos otros autores consideran que el clima jugó un papel decisivo en su desaparición (Mellars, 1992; Zilhão, 1993; Burjachs y Julià, 1996; Stewart et al., 2003; Stewart, 2007). En este sentido, Finlayson et al. (2004) apuntan a que la cuestión de la extinción de los neandertales debería ser abordada desde una perspectiva ecológica y paleoclimática.

Por su parte d'Errico y Sánchez-Goñi (2003) proyectan un modelo determinado por el clima para la desaparición de los neandertales en Iberia basado en datos de paleovegetación con una resolución a escala milenaria y modelos paleoclimáticos que resta importancia a la influencia de los HAM. Estas posturas mantienen que los neandertales estaban adaptados a los ecosistemas resultantes de las oscilaciones climáticas hasta que un gran evento frío conocido como evento H4 (40-38,5 ka) produjo un cambio significativo en la precipitación y en las temperaturas, así como un aumento en la intensidad del viento (Burjachs y Julià, 1996; d'Errico y Sánchez-Goñi, 2003; Harrison y Sánchez-Goñi, 2010). Las reconstrucciones de la paleovegetación muestran un predominio de las praderas en el norte, que estarían ocupadas por faunas frías (entre 42-31 ka) (Álvarez-Lao y García, 2011), mientras que en la zona de levante y en el sur las condiciones serían de desierto-estepa. Este paisaje, según los autores, no podría estar ocupado por gran cantidad de ungulados, a diferencia de lo que ocurriría en latitudes más septentrionales, de manera que los grupos auriñacienses (HAM), basados en una economía de subsistencia dependiente de la

caza de grandes mamíferos no verían ventajoso desplazarse hacia zonas más pobres en recursos. Por su parte, los neandertales, irían confinándose en zonas refugio, persistiendo en ambientes inhóspitos y manteniéndose mediante una economía basada en la explotación sistemática de los recursos (Sánchez Goñi y d'Errico, 2005).

La aridificación del área central y sur de la península ibérica también ha sido puesta de manifiesto a través de una modelización del impacto del evento H4 sobre la península (Sepulchre et al., 2007), que relaciona una reducción drástica de las temperaturas de las aguas superficiales del Atlántico Norte con una reducción también fuerte de las precipitaciones del centro de la península. Para estos autores, estos cambios bruscos debieron influir en los patrones de asentamiento, las estrategias de subsistencia y la demografía de los grupos neandertales y HAM (d'Errico y Sánchez Goñi, 2003, Sánchez Goñi y d'Errico, 2005; Sepulchre et al., 2007).

Los últimos hallazgos y las investigaciones realizadas hasta la fecha muestran que el reemplazamiento de los neandertales por los HAM se registra en Europa como una sucesión cultural diacrónica, aproximadamente entre 48 y 36 mil años antes del presente (Figura 6, 7). Durante este intervalo, varios ciclos fríos de escala milenaria (D-O) dominarían el escenario climático del hemisferio norte (Kindler et al., 2014; Rasmussen et al., 2014). Concretamente, los estadiales 12, 11 y 10 (GS 12, 11 y 10) de Groenlandia coinciden con niveles estériles, de patrón regional, dentro de la transición de neandertales a HAM en Europa. Especialmente, GS12 y GS10 son especialmente fríos y áridos, y en ellos se sucede el retroceso de los bosques y la expansión de los biomas estépico. El estrés ecológico durante estos estadiales, con la expansión de los paisajes estépico podría haber causado un patrón diacrónico de despoblamiento de los neandertales, que habría facilitado el repoblamiento por parte de los HAM (Staubwasser et al., 2018).

Por lo que se refiere a la península ibérica, los avances metodológicos en las dataciones están aportando un mejor entendimiento de este proceso de reemplazamiento biológico (Higham et al., 2014; Marín-Arroyo et al., 2018). Los nuevos avances y las últimas investigaciones también apuntan a un evento diacrónico, a un proceso de desaparición regional en diferentes momentos para los neandertales ibéricos (Higham et al., 2014; Zilhão et al., 2017; Wolf et al., 2018; Cunha et al., 2019). Para la región cantábrica, la cultura musteriense desaparece entre 47,9–45,1 ka (Marín-Arroyo et al., 2018) mientras que en la actual Catalunya sobrevive unos cuantos milenios más (aproximadamente hasta 42 ka cal BP) tal y como se ha visto en l'Arbreda y Abric Romaní. Lo mismo ocurre para la región de Murcia, Andalucía, Gibraltar y Portugal donde los neandertales persisten más tiempo, hasta los 38 ka BP aproximadamente (Zilhão et al., 2017, Marín-Arroyo et al., 2018).

Todas estas evidencias concuerdan con las hipótesis de despoblamiento regional coincidente con un cambio climático global (d'Errico y Sánchez-Goñi, 2003; Finlayson y Carrión, 2007; Fedele et al., 2008). La desaparición de los neandertales se plantea por lo tanto bajo condiciones cambiantes de clima (Mallol et al., 2012). No obstante, una correlación entre el clima frío y el descenso del impacto humano hasta el abandono de los yacimientos a escala peninsular no es una evidencia causal para la desaparición de los neandertales de la península ibérica. Posiblemente, múltiples factores jugaron diferentes roles en las diferentes regiones. Es necesario la focalización de cada caso a través de aproximaciones estratigráficas de alta resolución que combinen la geoarqueología y una buena disección y comprensión de los palimpsestos (Mallol et al., 2012).

Una publicación reciente sitúa la llegada de los HAM al sur de la península ibérica sobre 43,0–40,8 ka antes del presente

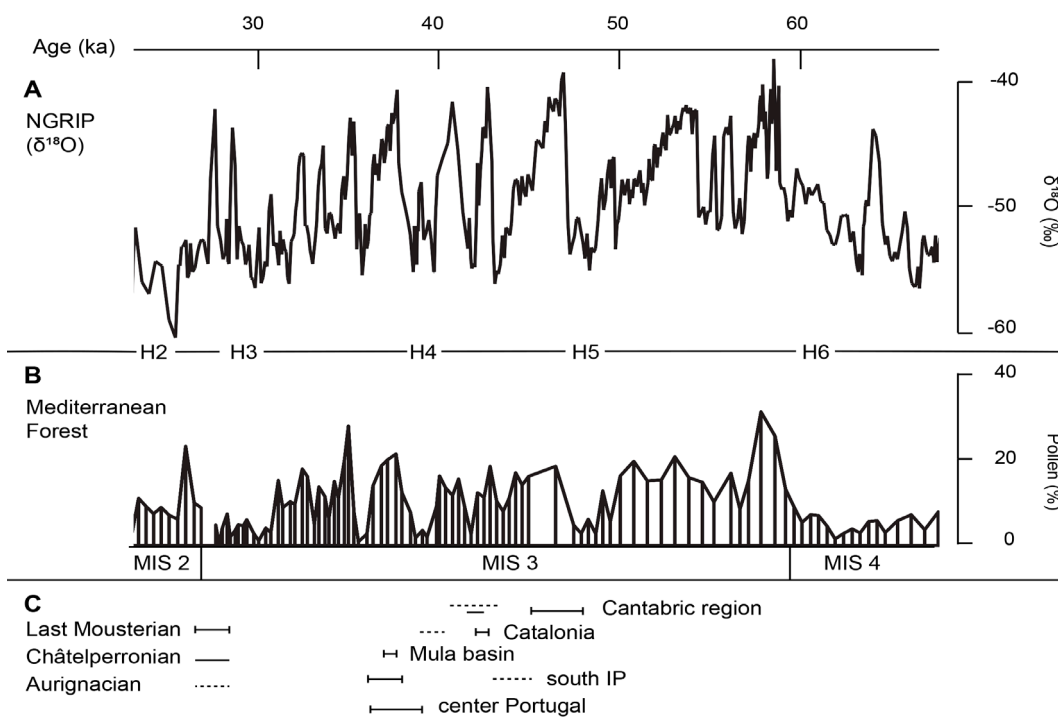


Figura 6. *Proxies* paleoambientales y climáticos para el MIS 3, parte del MIS2 MIS 4 y las últimas ocupaciones neandertales en la península ibérica. A) Curva de temperatura de Groenlandia derivada de medidas isotópicas de aire y agua (Andersen et al., 2004). B) Curva de porcentaje de polen de bosque mediterráneo (*Quercus* caducifolio y perenne, *Olea*, *Phillyrea*, *Pistacia* y *Cistus* (Sánchez-Goñi et al., 2008). C) Últimas evidencias neandertales en Iberia (Zilhão et al., 2007; Higham, 2012; Maroto et al., 2012; Marín-Arroyo et al., 2018).

(Cortés-Sánchez et al., 2019). No obstante, la asociación lítica del nivel en cuestión de la Cueva de Bajondillo fue descrita previamente como una asociación tecnológica ambigua con características Musterienses (relativa a los neandertales) y propias del Paleolítico superior. Además, algunos autores están de acuerdo en que no existen suficientes garantías para atribuir la asociación lítica como Proto-Auriñaciense o Auriñaciense temprano (relativa a HAM) (Anderson et al., 2019; de la Peña, 2019) (Figura 7).

Teniendo en cuenta que el principal debate de la transición de neandertales a HAM se hace a través de la interpretación de la

industria lítica (debido a la falta de restos humanos), la descripción pormenorizada de la tecnología y la definición de la asociación lítica debe constituir un requisito. Asimismo, en los niveles en cuestión se identificaron previamente procesos de soliflucción para los que no se aporta ninguna interpretación alternativa en esta reciente publicación (Cortés-Sánchez et al., 2008, 2019). La atribución por tanto de este nivel al Auriñaciense es prematura (Anderson et al., 2019; de la Peña, 2019).

Otros yacimientos situados al sur de la península ibérica también han suscitado cierto debate y poco consenso al igual que la

Cueva de Bajondillo, principalmente por las dudas acerca de la fiabilidad de los métodos de datación utilizados, la posibilidad de actuación de procesos tafonómicos sobre los elementos datados y la evidencia arqueológica y la ausencia de elementos diagnósticos entre los conjuntos líticos (Wood et al., 2013). Según estos autores, y a través de sólidos argumentos obtienen firmes evidencias de que ninguno de los yacimientos analizados sugiere una supervivencia tardía de los neandertales en el sur de la península ibérica (Cova Negra, El Salt, Cova Beneito, Sima de las Palomas, Cueva Antón, La Ermita, Higueral de la Valleja, Cueva de la Carihuela,

Gorham's Cave, Pego do Diabo, Gruta Nova da Columbeira, Gruta da Oliveira, Foz do Enxarrique, Figueira Brava, Lapa dos Furos, Caldeirão y Conceição (Wood et al., 2013). Esta incertidumbre relativa al tiempo de desaparición de los neandertales dificulta la comprensión de los mecanismos que llevaron a esta especie a su extinción, así como del contexto climático en el que se sucedieron los hechos.



Figura 7. Localización de los principales yacimientos con evidencias de ocupación neandertal en la península ibérica.

2.3 Métodos de inferencia climática y ambiental basados en el estudio de los micromamíferos. Aplicabilidad y limitaciones

A mediados del siglo XX, a la par que con la consolidación de las investigaciones sobre los pequeños mamíferos fósiles en diferentes países europeos, se desarrollaron las técnicas que posibilitan la obtención de muestras representativas de los restos de microvertebrados contenidos en los yacimientos, lo que permitió el desarrollo de estudios bioestratigráficos, evolutivos, paleoecológicos y climáticos adecuadamente documentados. Entre estos últimos encontramos, por un lado, los que tratan de reconstruir las características físicas del paisaje existente durante la formación de los yacimientos considerados, y por otro lado, los que tienen como objetivo inferir las características de los climas bajo los que se formaron los yacimientos analizados, mediante la cuantificación de una serie de parámetros climáticos. A continuación se sintetizan los aspectos más relevantes de los métodos más comúnmente utilizados en los estudios paleoecológicos basados en el registro de microvertebrados de yacimientos cuaternarios para cada una de estas dos categorías.

2.3.1 Métodos de inferencia del paisaje: *Habitat Weighting method*

Estos métodos parten de la premisa de que los cambios en el paisaje producidos por las variaciones climáticas pasadas en una región determinada tuvieron su reflejo en la composición de las asociaciones de micromamíferos que habitaron esa región. Dichos cambios pueden ser observados en las abundancias relativas de las especies presentes en las asociaciones sucesivas de una

serie estratigráfica, es decir, las reconstrucciones paleoecológicas son dependientes de las asociaciones al completo (Cuenca-Bescós et al., 2005 y referencias en éste). No obstante, existen algunos métodos, como *Indicator species* que confían la reconstrucción a unas pocas especies, conocidas como especies indicadoras (Evans et al., 1981).

El método más utilizado en el estudio paleoambiental de yacimientos pleistocenos a partir de los microvertebrados es el *Habitat Weighting Method* (HWM). Se trata de un método basado en diferentes trabajos (Evans et al., 1981; Andrews, 2006) que tiene en cuenta por una lado la abundancia relativa de cada taxón representado en la/s asociación/es estudiada/s, y por otro lado, las preferencias de hábitat de cada uno de dichos taxones. A pesar de no incluir la totalidad de los hábitats en los que pueden estar presentes las especies, muestra los principales entre los que éstas se pueden distribuir.

2.3.2 Métodos de inferencia paleoclimática cuantitativa: *Mutual Ecogeographic Range method*, *Bioclimatic method*

El conocimiento del contexto climático pasado así como sus mecanismos de cambio constituyen uno de los mayores retos de la ciencia (Hernández Fernández, 2006). En las últimas décadas han sido publicadas una amplia variedad de estimaciones climáticas cuantitativas basadas en diferentes *proxies* biológicos. En medios continentales, los pequeños mamíferos y sobre todo los roedores son utilizados frecuentemente en la reconstrucción de los climas y ambientes del Cuaternario (FAUNMAP, 1996; Thomas et al., 2004).

Uno de los métodos más utilizados con esta finalidad es el *Mutual Ecogeographic Range method* (MER). Se basa en la identificación de asociaciones actuales con la misma

composición taxonómica que la asociación fósil en estudio, en la delimitación de su distribución en un ámbito geográfico determinado (continente, península, país,..) y en la caracterización climática del territorio en que dicha asociación está presente en la actualidad, como forma de inferencia de los parámetros climáticos que existieron en el pasado en el entorno del yacimiento en el que encontramos dicha asociación fósil.

Otro método muy recurrido en las reconstrucciones climáticas del pasado es el *Bioclimatic model* (BM) (Hernández Fernández, 2001). Este método parte de la hipótesis de que en la actualidad existe una correlación significativa entre el clima y la composición de las comunidades de micromamíferos a escala global, y la misma situación se produjo en el pasado, por lo que es posible inferir las características de los climas del pasado a partir de las comunidades de micromamíferos pretéritas. A partir del valor de cada especie en cada zona climática (Walter, 1970) y una regresión lineal múltiple desarrollada específicamente para roedores, mamíferos, fauna completa, o fauna sin murciélagos puede ser estimada la precipitación o la temperatura media anual (Hernández Fernández, 2001).

2.3.3 Limitaciones

Todos los métodos están basados en mayor o menor medida en el principio del actualismo biológico, en el sentido de que para poder aplicar estos métodos es necesario considerar que las preferencias de hábitat y los condicionamientos climáticos en la distribución geográfica de las especies de micromamíferos en la actualidad fueron los mismos en el pasado. Sin embargo, ante los cambios climáticos o ambientales de cualquier tipo acaecidos en el pasado, las especies pudieron reaccionar o bien extinguiéndose, o bien modificando su distribución geográfica hacia regiones con

condiciones ambientales favorables (conservación del nicho y seguimiento del hábitat o *habitat tracking*), o permaneciendo en la misma región y adaptándose a las nuevas condiciones (modificación del nicho) (Raia et al., 2012).

El primer tipo de respuesta – extinción – es fácilmente reconocible (ausencia de registro de la especie en particular a partir de un momento dado), aunque algunas circunstancias, como el efecto Lázaro, pueden dar pie a la identificación de falsas extinciones, como en el caso de *Pliomys coronensis* documentado por Cuenca-Bescós et al. (2010).

El segundo tipo de respuesta – dispersión o contracción del área de distribución – es también relativamente fácil de reconocer mediante el estudio de los cambios diacrónicos en la distribución geográfica del taxón considerado a partir de su registro fósil.

En este sentido, existen numerosos ejemplos de cambios en la corología de las especies de mamíferos terrestres vinculadas a las oscilaciones climáticas cuaternarias (Chaline, 1973; Musil, 1985; Michaux, 1995; FAUNMAP, 1996; Koenigswald, 1999; Laplana y Sevilla, 2006; Hopley et al., 2006; Hernández Fernández et al., 2007; Álvarez-Lao et al., 2009; Hofreiter, 2009; Laplana y Sevilla, 2013; Prost et al., 2013; López-García et al., 2014a; Baca, 2016; Blain et al., 2016; Fernández-García et al., 2016; Laplana et al., 2016; Kmitlova y Horacek, 2017, entre otros). El reconocimiento de la tercera vía – la adaptación o modificación del nicho – reviste mayor complejidad. Sin embargo, la existencia en el pasado de asociaciones no análogas o disarmonicas (Barnowsky, 1998) sugiere que probablemente algunas de las especies implicadas en ellas tuvieron unas preferencias ecológicas distintas de las que se observan en la actualidad, aunque también puede explicarse por otras razones, como detallan Polly y Eronen (2011).

En general, cuando los microvertebrados y los roedores en particular son utilizados como herramientas en la reconstrucción de los climas del pasado, la mayor parte de los autores tienden a considerar que los condicionantes climáticos de la distribución de las especies se han mantenido constantes a lo largo del tiempo, al igual que sus preferencias de hábitat (Blain et al., 2010; López-García et al., 2014a; Fernández-García et al., 2016). Solo en algunos casos particulares se ha considerado la posibilidad de la variación del nicho ecológico (o climático). Por ejemplo, Castellanos-Frías et al. (2018) analizan esta opción en el caso del topillo de Cabrera, *Microtus cabreræ*, comparando la modelización del nicho ecológico de esta especie en varios escenarios climáticos pasados con su distribución geográfica real en dichos escenarios establecida a partir del registro fósil de la especie. Estos autores llegan a la conclusión de que esta especie experimentó una modificación de su nicho climático a lo largo del tiempo, que se hizo más amplio en los momentos más fríos. Sin embargo, los resultados de este trabajo pueden ser discutibles, ya que la edad atribuida a los registros fósiles de la especie utilizados para establecer su distribución en el pasado ha sido en muchas ocasiones incorrectamente interpretada.

Otra limitación que comparten estos tres métodos radica en que solo pueden aplicarse en aquellas asociaciones en las que todas (o la gran mayoría de las especies) sobrevivan en la actualidad. No obstante, en algunos casos, es posible incluir especies extintas en los métodos de reconstrucción. En esos casos, la preferencias ecológicas de cada taxón extinto se pueden inferir mediante distintos criterios (relación filogenética directa con representantes actuales, análisis ecomorfológicos, asociación de determinadas especies extintas a otras de preferencias ecológicas bien definidas...) (Minwer-Barakat, 2005; Gómez-Cano et al., 2013, 2017).

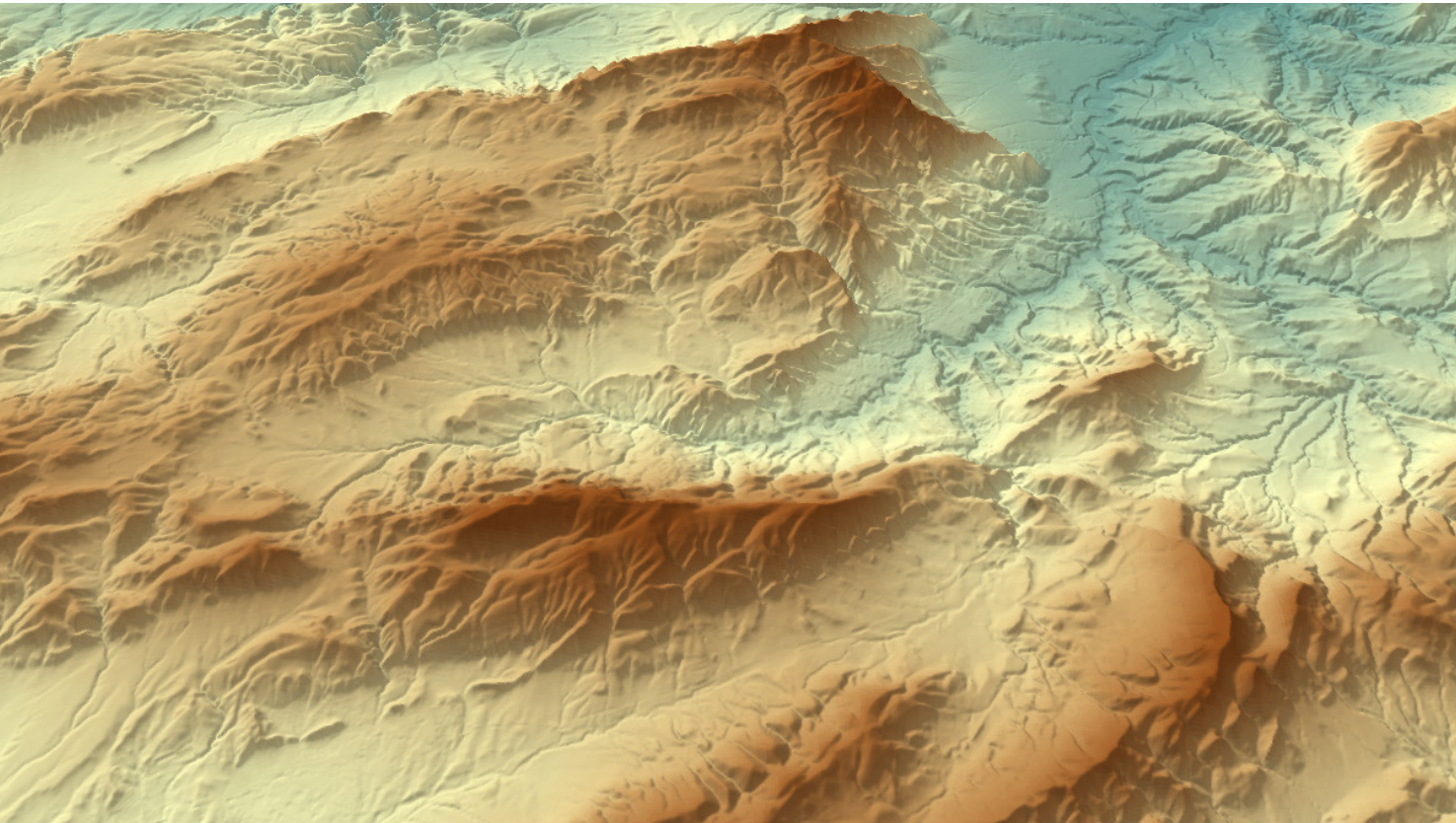
En el caso del HWM, otra limitación en la aplicación del método radica en el origen de la concentración fósil. Debido a que los predadores constituyen la principal causa de mortalidad de los pequeños mamíferos, las reconstrucciones paleoecológicas que se realizan a partir de sus restos, constituyen más bien, reconstrucciones del área de caza del predador o predadores causantes de la concentración de dichos restos. Por ello, conocer si el agente responsable de dicha concentración es un predador selectivo u oportunista es vital para saber si la reconstrucción paleoecológica refleja una parte del ecosistema o por el contrario el entorno del yacimiento al completo. Aquellas asociaciones formadas por predadores que capturan gran variedad de presas en la misma proporción relativa que la que presenta el lugar de captura (oportunistas) producirán reconstrucciones fieles del entorno (Blondel, 1967; Yalden, 1985; Begon et al., 1990; Pharissat, 1993). Los estudios tafonómicos dirigidos a la identificación del predador son necesarios por tanto para conocer la fiabilidad de la reconstrucción. Éstos también se basan en estudios actualistas sobre la alimentación de las diferentes rapaces y carnívoros.

En relación al MER, adicionalmente a la limitación más arriba comentada, este método no es aplicable en asociaciones sin análogos actuales, porque la distribución de las especies que componen la asociación fósil no tiene área de solapamiento en la actualidad. Contrariamente, el BM sí es capaz de trabajar con asociaciones que no presentan análogos actuales. Además, en el caso del MER la distribución de las especies incluidas en las asociaciones analizadas no debe haber sufrido profundas modificaciones recientes debidas a la acción antrópica, como es el caso de *M. cabreræ* y *M. arvalis* (Fernández-Salvador et al. 1997, 2001; Palomo, 1999, Luque-Larena et al., 2013).

Otra limitación para las reconstrucciones climáticas realizadas a través del MER, más

de carácter metodológico y menos biológico, hace referencia a la codificación de la distribución de las especies identificadas en el yacimiento en los Atlas de distribución. Normalmente la presencia/ausencia de las mismas se registra en cuadrículas de 10 x 10 km, áreas extensas, topográfica y climáticamente heterogéneas, que pueden no estar ocupadas en su totalidad por las especies. Incluyendo estas áreas no ocupadas en el método, se obtienen valores climáticos que no están directamente relacionados con las especies y las reconstrucciones climáticas derivadas están faltas por tanto de precisión. Este hecho hace necesario una mejora de esta metodología, como la propuesta en la presente tesis y que se desarrollará en el bloque 3 del capítulo de Resultados.

3. Contexto



En esta Tesis Doctoral se han estudiado los restos de micromamíferos procedentes de dos yacimientos del Paleolítico medio alicantino, El Salt y el Abric del Pastor, localizados en los Valles de Alcoi. En esta sección se realiza una síntesis sobre ambos yacimientos con el objeto de proporcionar un contexto a los materiales estudiados, desde diferentes perspectivas.

3.1 Contexto geográfico, geológico, climático y ecológico de los Valles de Alcoi

Los yacimientos estudiados en la presente Tesis Doctoral se encuentran en el interior de la provincia de Alicante, en el término municipal de Alcoi. Se enmarcan dentro de las Cordilleras Béticas, y más concretamente en el Prebético de Alicante.

El relieve de los valles de Alcoi se caracteriza por presentar alineaciones montañosas que oscilan entre los 1.000 y los 1.350 metros de altitud con una dirección predominantemente SO-NE. Aquellas más relevantes por su altitud y extensión son La Font Roja (1.352 m; S), Els Plans (1.330 m; SE), Mariola (1.131 m; N-NE) y la Serreta (1.050 m; E). Estas alineaciones se alternan con valles situados a unos 500 metros de altitud, como los valles de Polop, Barxell, Riquer, El Molinar o El Serpis, que generalmente son muy estre-

chos, determinando la existencia de fuertes pendientes (Picó y Moltó, 2006) (Figura 8).

Desde un punto de vista climático, el relieve tan acentuado propicia la existencia de numerosos climas, en función de la orientación de cada ladera a los vientos húmedos del nordeste y sudeste. Según la clasificación de Rivas-Martínez et al. (1981) la ciudad de Alcoi muestra un macrobioclima mediterráneo y un termotipo mesomediterráneo. Los pisos bioclimáticos presentes en Alcoi son, el piso mesomediterráneo (temperatura media anual, MAT: 13 a 17°C; media de las temperaturas mínimas del mes más frío, MTC: -1 a 4°C; media de las temperaturas máximas del mes más frío, MTW: 9 a 14°C; índice de termicidad, It: 210 a 350), que es el mayoritario dentro del municipio, y el piso supramediterráneo, relegado a las zonas altas de la Font Roja (MAT: 8 a 13°C, MTC: -4 a -1°C, MTW: 2 a 9°C, It: 60 a 210). Los valores obtenidos para este municipio según el Atlas Climático de la península ibérica son: T, 14,5°C; m, 2,8°C; M, 12,2°C; It, 295 (Figura 9).

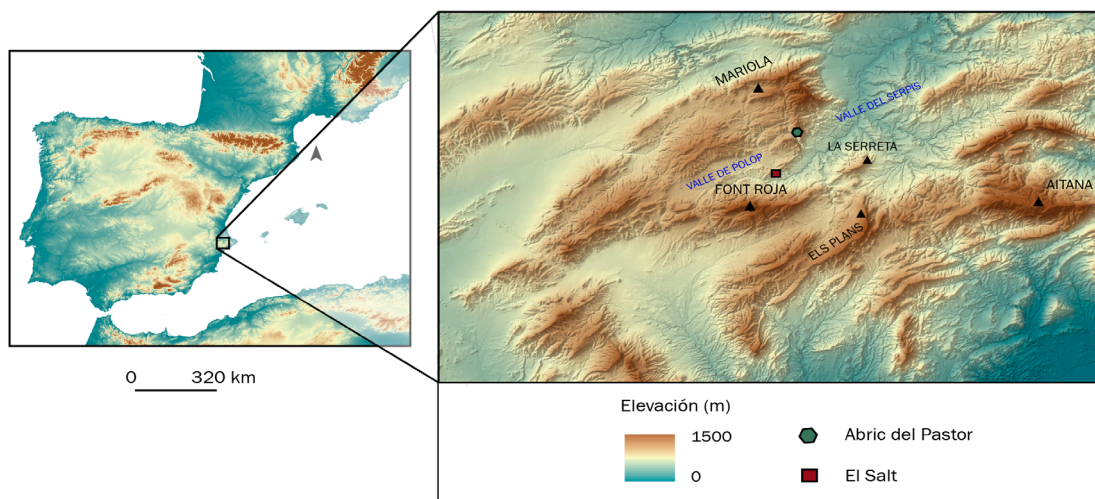


Figura 8. Localización de los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor (Alcoi, Alicante) en la península ibérica y de los principales valles y montañas del municipio. Modelo Digital de Elevaciones.

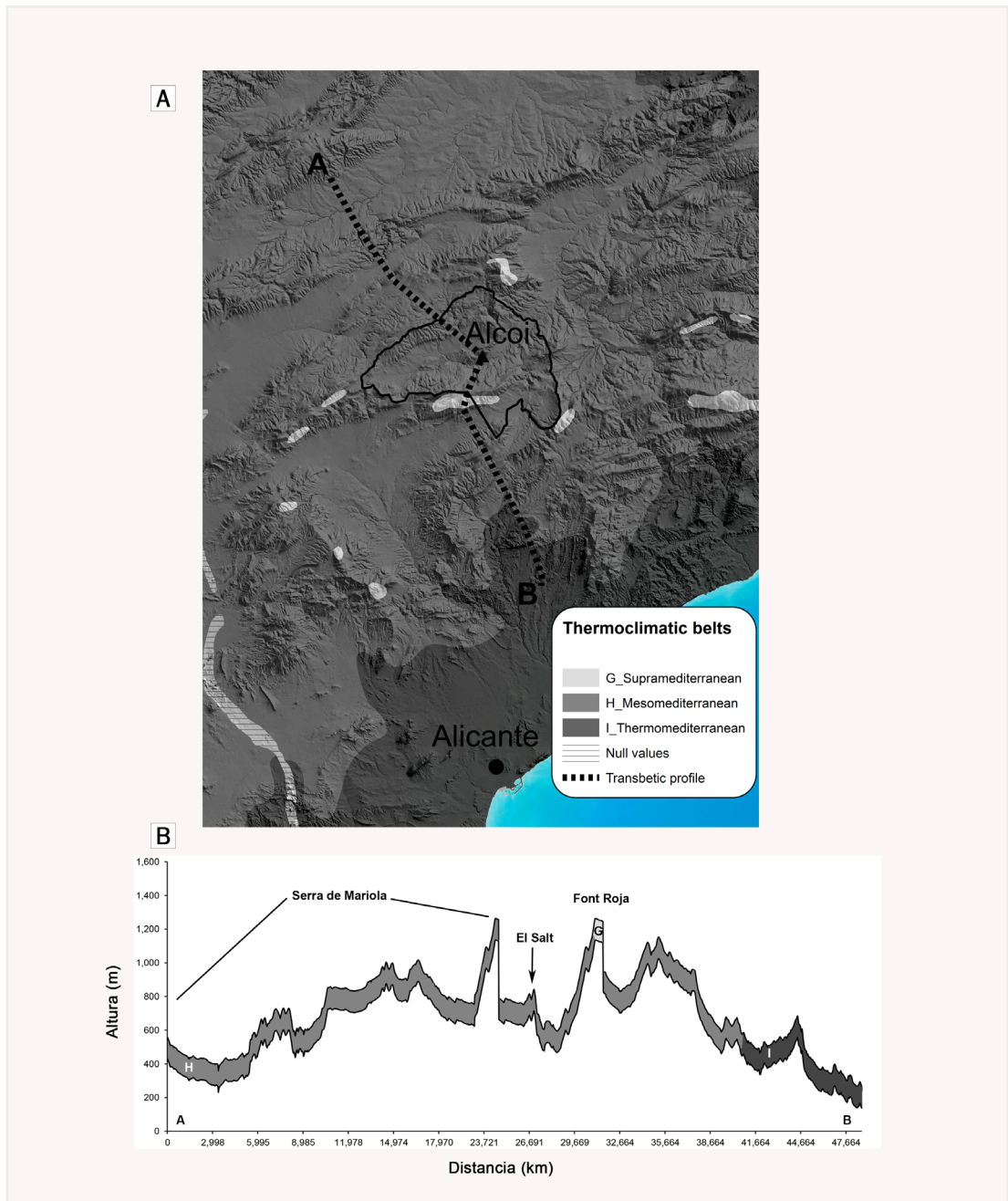


Figura 9. Pisos bioclimáticos representados en la provincia de Alicante y el municipio de Alcoi (A), para el que se aporta también la sucesión de pisos en altura a lo largo del transecto A-B (B).

Por lo que respecta a las precipitaciones, los máximos pluviométricos se sitúan en otoño, aunque cabe señalar que hay una gran igualdad entre otoño, invierno y primavera en cuanto a su aportación media a la precipitación anual (Picó y Moltó, 2006). La media anual del municipio de Alcoi según los registros pluviométricos se sitúa en 479 mm, siendo mayor en las cumbres más elevadas. Esto permite encuadrarlo en un ombrotipo seco superior, con un índice ombrotérmico de 2,84 (López Gómez y Rosselló Verger, 1978; Rivas-Martínez, 1987). La litología predominantemente calcárea, posibilita el almacenamiento de agua en sus acuíferos subterráneos. En invierno no es inusual la presencia de nieve, en el intervalo de noviembre a abril, y especialmente en los meses de diciembre a febrero (Picó y Moltó, 2006) (Figura 10).

En cuanto a la flora, la vegetación clímax potencial está constituida por bosques de carrascas y quejigos, actualmente desplazados en la mayor parte del territorio por formaciones de soto, matorrales y de prados (Dalmau y Quinto, 2012).

Con respecto a la fauna actual, encontramos diversidad de especies que derivan de la

gran variedad de ambientes. Si atendemos a las especies de pequeños mamíferos, encontramos el ratón de bosque (*Apodemus sylvaticus*), el lirón (*Eliomys quercinus*), la rata común y la negra (*Rattus norvegicus* y *Rattus rattus*), la rata de agua (*Arvicola sapidus*), el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), la liebre ibérica (*Lepus granatensis*), la ardilla (*Sciurus vulgaris*), las musarañas (*Crocidura russula* y *Suncus etruscus*) y el erizo común (*Erinaceus europaeus*). También el murciélago de herradura grande (*Rhinolophus ferrumequinum*) y el murciélago común (*Pipistrellus pipistrellus*) entre otros (Cantó et al., 2006; Grupo Gestión Recursos Cinegéticos, UA, 2010).

En resumen, ambos enclaves arqueológicos se encuentran por tanto, ocupando una posición estratégica en medio de diversos biotopos de llanura, sierra, valle fluvial y ambiente lacustre-palustre, inmersos en un territorio montañoso rico en recursos diversificados (Galván et al., 2014a). Esta puede constituir la razón por la que dichos valles presenten una elevada concentración de yacimientos pertenecientes al Paleolítico medio (Fumanal, 1994; Barciela y Molina, 2005).



Figura 10. A) Fotografía de Alcoi ciudad y Barranc del Cint nevados. B) Fotografía de las casas de El Salt y el yacimiento nevados (Miguel Juan Payá Barceló).

3.2 El Salt

A) Contexto geológico

El yacimiento de El Salt se sitúa al abrigo de una gran pared travertínica de 38 metros de altura, a 680 m.s.n.m. (Figura 11). Se sitúa muy próximo al río Barxell, cerca de su confluencia con el río Polop, generando el río Serpis, que toma el nombre de Riquer a su paso por la ciudad de Alcoi (Figura 8).

La pared travertínica que da cobijo al yacimiento se corresponde con un salto de falla que provocó el cabalgamiento de calizas paleocenas sobre conglomerados del Oligoceno. Estas calizas interrumpieron el curso del río Barxell, dando lugar a la formación de un lago en el Pleistoceno, que vertía sus aguas sobre el salto de falla, formando una gran visera que sirvió de protección en los diferentes momentos de ocupación humana. Esta techumbre está documentada por algunos de sus vestigios conservados en la zona cenital de la falla y por la presencia de varios derrumbes identificados a unos 8 y 10 metros de la pared formando parte de la secuencia arquosedimentaria del yacimiento.

El paleolago ha podido ser identificado por la existencia de materiales calizos y travertínicos paleolacustres sobre margas miocenas, en la zona inmediatamente superior al yacimiento, que responde al topónimo de Cases del Salt (Figura 12) (Galván et al., 2014).

B) Historia de las excavaciones

En el año 1959, el alcoyano J. Faus Cardona, en un recorrido por los jardines de la finca de El Salt (finca que perteneció al poeta Juan Gil Albert donde el autor desarrolló buena parte de su obra), descubre los primeros útiles líticos musterienses y se percata del potencial del enclave. No obstante, unos años antes, a mediados de la década de los 50, el Abate H. Breuil, en una visita al lugar,

no reconoce valor arqueológico alguno (Pla, 1965). Faus Cardona comunica el hallazgo al conservador del Museu Arqueològic Municipal de Alcoi, V. Pascual, quien a su vez lo comunica a L. Pericot, de la Universidad de Barcelona. Éste, junto con R. Martín, dirige dos campañas de excavaciones en los años 60 (Galván, 1992). Fruto de estas excavaciones se genera la zanja que divide el yacimiento en dos sectores (I y II), y de la que se obtienen abundantes materiales. Esta partición del yacimiento determinará las excavaciones futuras, centrándose los primeros años en el sector I y ampliando las intervenciones al sector II en los últimos años (Figura 13).

Desde los comienzos de las excavaciones modernas iniciadas en 1986 bajo la dirección de Bertila Galván (Universidad de La Laguna), El Salt ha sido estudiado sistemáticamente desde una perspectiva interdisciplinar centrada en el conocimiento del primer poblamiento humano de los valles alcoyanos (Fumanal, 1994; Galván et al., 2006; Dorta et al., 2010; Machado et al., 2011; Sistiaga et al., 2011; Afonso, 2013; Sistiaga et al., 2014). La aplicación de nuevas técnicas y metodologías de análisis arqueostratigráficos y geoarqueológicos de alta resolución (microestratigrafía, FTIR, química orgánica, fitolitos...) tendentes a la integración de sus respectivos resultados empíricos, hacen que en la actualidad pueda considerarse a El Salt como un claro referente de la investigación de la formación de los contextos arqueosedimentarios del Paleolítico medio (Machado et al. 2011; Mallol et al., 2013).

El proceso de elaboración de explicaciones históricas para comunidades cazadoras-recolectoras pretéritas debe partir del correcto reconocimiento de las unidades mínimas de análisis histórico en el yacimiento arqueológico. Esto se encuentra sujeto a la naturaleza del registro, es decir, a la condición de palimpsesto inherente a la gran mayoría de los depósitos sedimentarios que conforman

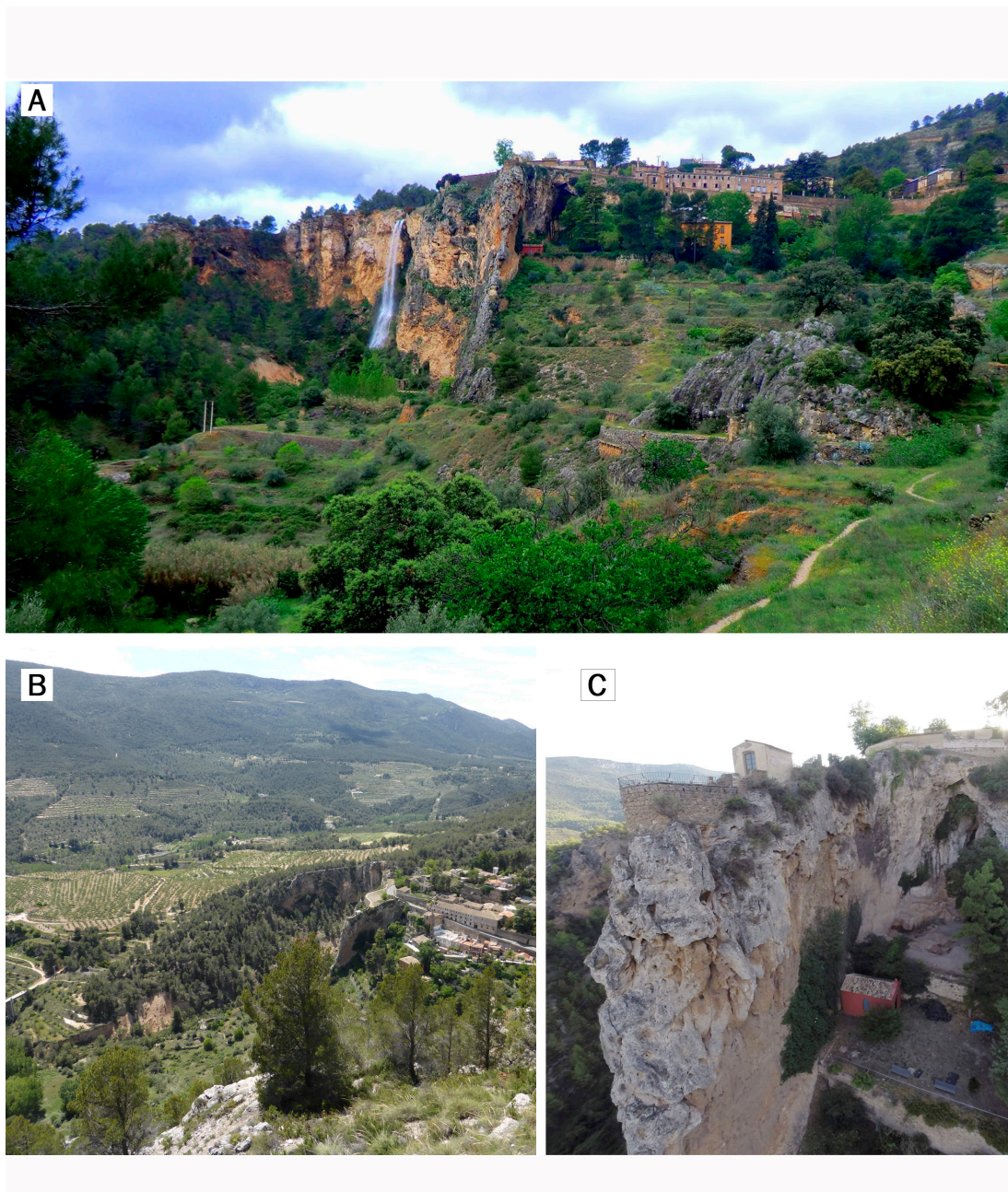


Figura 11. A) Vista panorámica del yacimiento de El Salt (Juan José Dopazo Javier). B) Vista panorámica desde El Castellar. C) Vista aérea del yacimiento.

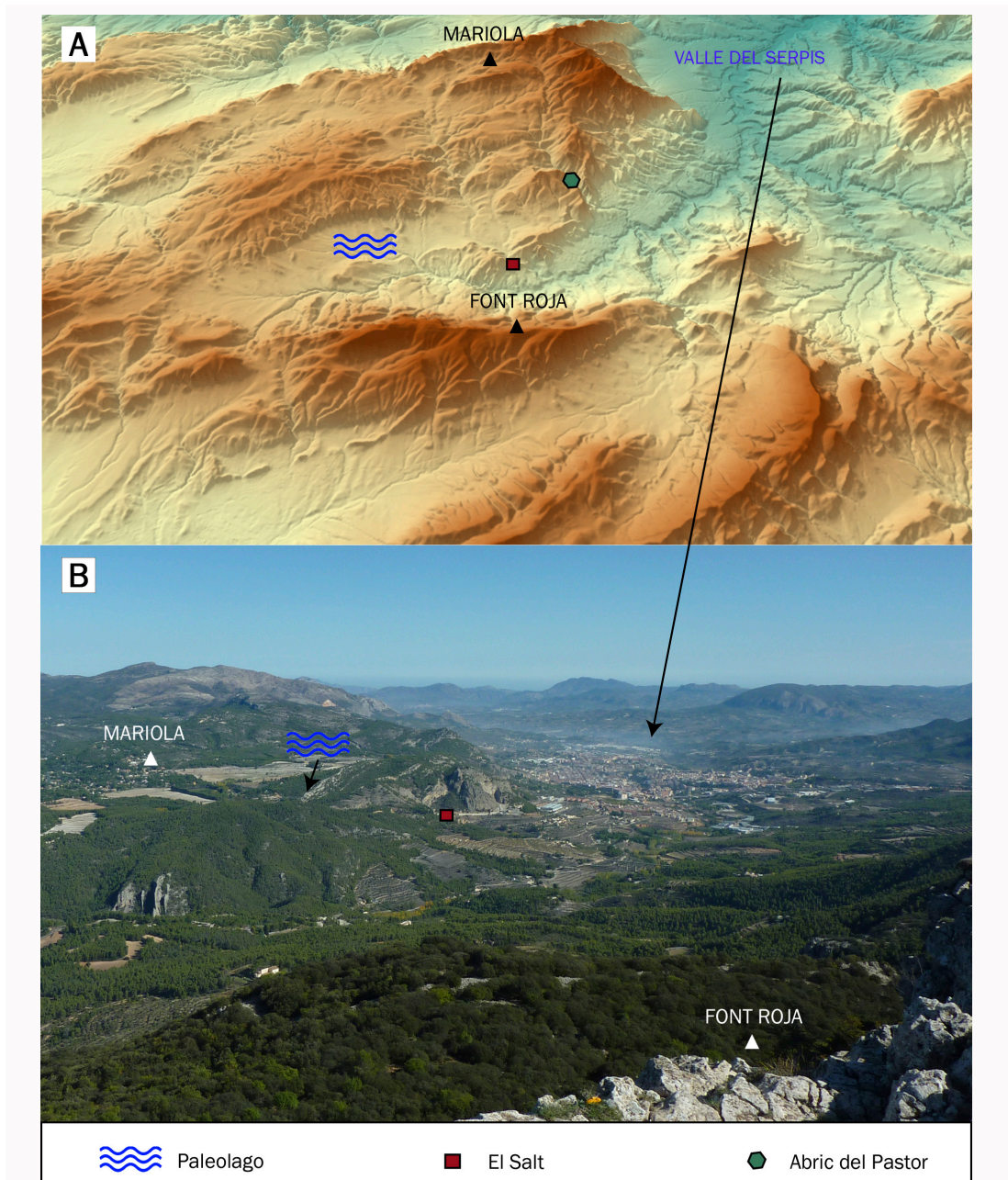


Figura 12. Modelo Digital de Elevaciones (A) y fotografía del municipio de Alcoi y alrededores (B) que muestra las localizaciones de los dos yacimientos estudiados en esta Tesis Doctoral, el paleolago y las principales alineaciones montañosas que delimitan el Valle del Serpis.

los yacimientos arqueológicos (Machado et al., 2011 y las referencias incluidas en éste). “Un palimpsesto arqueológico se define como un depósito formado por la conjunción de dinámicas sedimentarias y antrópicas que producen la interestratificación de determinados materiales, depositados en momentos distintos en un mismo espacio” (Machado et al., 2011). Esta superposición de elementos aportados de forma natural y antrópica, da como resultado realidades estratigráficas complejas cuya demarcación espacial y ordenación cronológica requieren de un proceso de investigación diseñado al efecto, dada la proximidad física evidenciada por sus respectivos restos desde la excavación (Machado et al., 2011). Así, una de las actuales líneas de investigación en el yacimiento parte de una posición multianalítica fundamentada en el tratamiento integrado de las diferentes disciplinas para la disección de palimpsestos (Gómez et al., 2010; Marrero et al., 2011; Afonso, 2013; Mallol et al., 2013 ; Galván et al., 2014a, 2014b; Sistiaga et al., 2014; Rodríguez-Cintas y Cabanes, 2015; Machado, 2016; Machado et al., 2016, 2011; Vidal-Matutano, 2016b; Machado y Pérez, 2016; Pérez et al., 2017b; Leierer et al., 2019).

Las capas negras de los hogares, constituyen referencias fundamentales para el análisis arqueostratigráfico y el estudio de la formación de los conjuntos arqueológicos, ya que las superficies de las capas negras se corresponden a las de los suelos de ocupación (Mallol et al., 2013; Leierer et al., 2019). La posición de las facies termoalteradas que constituyen o se asocian a estas estructuras resulta básica para establecer las relaciones de sincronía o diacronía entre los conjuntos de materiales contenidos en el palimpsesto analizado.

La distribución espacial de las unidades de materia prima y los remontajes líticos también constituyen indicadores esenciales para la disección de palimpsestos. En esta línea, se interpretan aspectos como la presencia

de acumulaciones netamente delimitadas en torno a estructuras de combustión, la escasa interacción entre éstas, según se colige de las relaciones entre sus respectivos materiales, el carácter incompleto de las cadenas operativas, la escasez cuantitativa y unidireccionalidad de los remontajes, las evidencias de reciclado de soportes líticos o la importancia de la sedimentación geogénica frente a los inputs antrópicos (Galván et al., 2014b; Machado y Pérez, 2016).

El estudio de la fauna también puede aportar luz sobre esta cuestión: el estudio del desgaste dental, los análisis isotópicos, correspondencias entre el número de individuos y la representación esquelética. La identificación de taxones vegetales raros también supone información relevante para comprender la naturaleza del depósito palimpsesto (Vidal-Matutano, 2016a).

C) Estratigrafía

El estudio inicial de la secuencia estratigráfica (6,3 m de espesor) realizada por Fumanal (1994) junto con trabajos posteriores (Galván et al., 2014b) han permitido dividir la secuencia en 13 unidades litoestratigráficas y 5 segmentos. La descripción de cada uno de ellos se presenta a continuación, de base a techo (Galván et al., 2014b) (Figura 14):

Unidad XIII: Se trata de un estrato litoquímico, de espesor desconocido (> 0,50 m) datado en su tramo más reciente por J. Bischoff (J. Geol. Survey, USA) mediante U-Th en $81,5 \pm 2,7$ ka y $80,1 \pm 4$ ka (MIS 5a) (Fumanal, 1994). Se presenta como una amplia plataforma subhorizontal, localizada al pie de la falla en distintos puntos del yacimiento. La única evidencia de actividad antrópica encontrada hasta el momento en esta unidad consiste en un impacto térmico situado a techo del estrato y en contacto directo con la unidad posterior, la UE XII.



Figura 13. Excavaciones en El Salt en 1986 (fotografía de Inocencio Sarrión) (A) y 2017 (fotografía de Sven Kleinhapl) (B).

Unidades XII a IX: En la base de este segmento, en contacto directo con la UE XIII, ha sido documentado una gran acumulación de grandes bloques travertínicos, de varias toneladas de peso, junto con una gran cantidad de bloques de tamaños inferiores, que se interpreta como el primer episodio de caída de la visera. Las primeras ocupaciones humanas detectadas en El Salt son posteriores a este primer evento de caída. Estas unidades, datadas por TL entre $60,7 \pm 8,9$ y $52,3 \pm 4,6$ ka (Galván et al., 2014b) y con un espesor medio de 1,5 m, se caracterizan por una sedimentación arenosa, fina, con abundantes restos arqueológicos y testimonios de combustión. Estas numerosas

estructuras de combustión, se encuentran preferentemente cerca de la pared travertínica y, asociadas a éstas se han identificado ricos conjuntos arqueológicos (fauna procesada, industria lítica, cantos de caliza con huellas de uso, etc.). Este tramo del depósito arqueosedimentario se configura como un denso palimpsesto de ocupaciones humanas recurrentes, integrado por una amalgama de acumulaciones de materiales cuya estructuración espacial responde al modelo de “*hearth-related assemblage*” (Vaquero y Pastó, 2001; Dorta et al., 2010).

Unidades VIII a V inferior: Su espesor fluctúa entre 1,5 y 2,8 m y está conformado por la

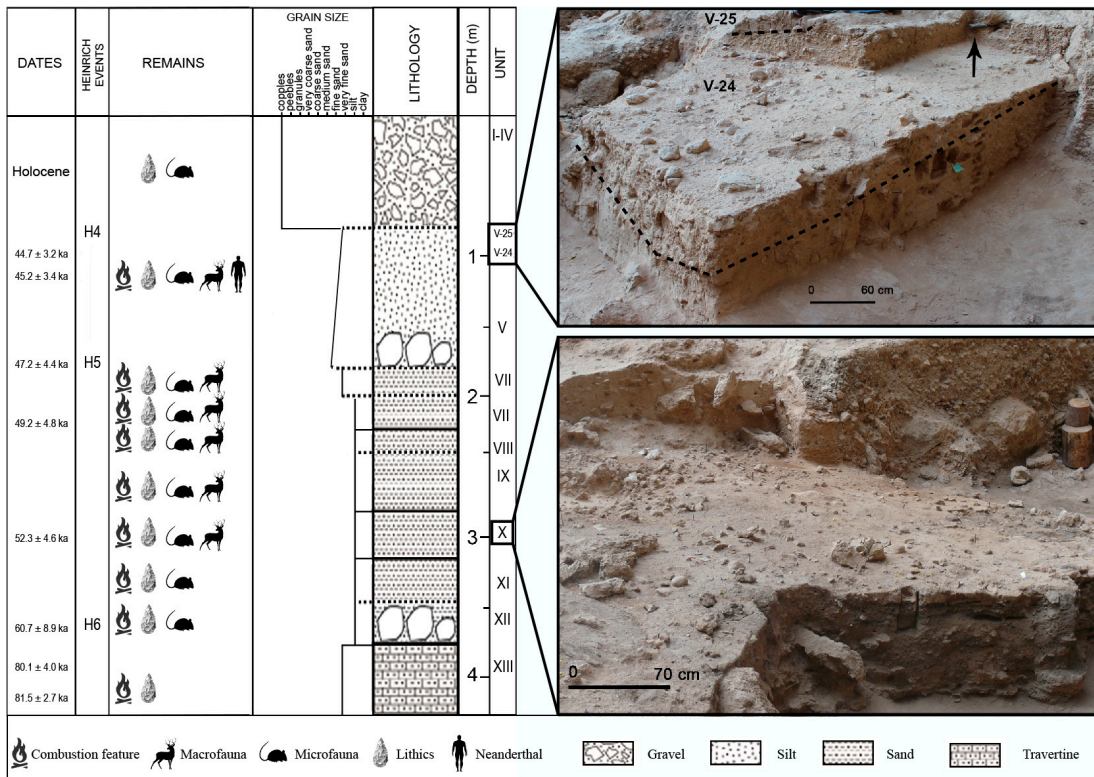


Figura 14. Columna estratigráfica de El Salt mostrando la litología, tamaño de grano de la matriz, dataciones, eventos Heinrich, posición de restos de combustión, fauna, lítica y restos neandertales y fotografías de las Unidades Xb y V superior (modificado de Galván et al., 2014).

acumulación horizontal de un sedimento arenoso predominantemente geogénico. Este tramo de la secuencia registra un progresivo decrecimiento de las evidencias de origen humano. Las estructuras de combustión disminuyen drásticamente en número (7 identificadas frente a las 54 en las UE IX y X), tamaño y espesor. Del mismo modo, el resto del registro arqueológico presenta un comportamiento muy semejante, acorde con la hipótesis de paulatino debilitamiento de la presencia humana. A techo de la unidad VI se identifica una nueva acumulación de grandes bloques, que evidencia un segundo episodio de desmantelamiento de la visera. Este segmento ha sido datado por TL entre $52,3 \pm 4,6$ a $47,2 \pm 4,4$ ka. El V inferior ha sido datado por OSL en $45,2 \pm 3,4$ ka (Galván et al., 2014b).

Unidad V superior: Está constituido por 0,50 m de espesor y presenta un contacto erosivo con las unidades superiores adscritas al Holoceno. Está constituida por una sedimentación masiva, limoarenosa, que incorpora una fracción gruesa de gravas heterogéneas a techo (últimos 0,20 m). Esta Unidad es arqueológicamente estéril, excepto en el mencionado tramo superior de 0,20 m, en el que se han localizado dos láminas de sílex, una serie de piezas líticas no diagnósticas y una pequeña estructura de combustión a la que se asocia un rico conjunto de microcarbónes. El tramo estéril de la Unidad ha sido datado por OSL en $44,7 \pm 3,2$ ka (Galván et al., 2014b). Dentro de esta unidad se encuentran las Facies 24 y 25. La primera consiste en sedimentos con arena gruesa y grava (1–3 mm) y fragmentos de travertino y caliza heterométrica en menor proporción. Este segmento de la secuencia se encuentra por encima del depósito estéril de 50 cm de grosor (Facies 23). Por lo que respecta a la Facies 25, comprende un depósito masivo de grano fino similar a la facies 23.

Unidades IV a I: Con 1,3 m de espesor, este depósito de edad holocena se caracteriza

por presentar una acumulación de cantos y gravas en una matriz limoarcillosa, que se sitúa en contacto erosivo con la Unidad anterior. Contiene materiales de cronología diversa en posición secundaria adscritas al Paleolítico superior final, al Epipaleolítico/Mesolítico y al Neolítico Antiguo (Afonso, 2013).

D) Ocupaciones humanas

En líneas generales, las ocupaciones humanas de El Salt previas a 50 ka que se encuentran contenidas en las Unidades XII, XI, X y IX, se caracterizan por ser de corta duración pero muy recurrentes, según la información obtenida de los distintos indicadores temporales (inferidos principalmente de la distribución espacial de los hogares, unidades de materia prima y los remontajes líticos).

Un estudio geoarqueológico reciente que combina micromorfología y marcadores lipídicos de diferentes estructuras de combustión de la Unidad Xb apunta al menos cuatro eventos de ocupación humana fuera de la estación de otoño. Estas ocupaciones tendrían un pequeño impacto en el yacimiento, con tiempo suficiente entre las mismas para permitir la formación de un suelo rico en materia orgánica (Leierer et al., 2019).

Por su parte, las posteriores a los 50 ka, constatadas en las Unidades Estratigráficas VIII, VII, VI y V inferior, se diferencian de las primeras por estar más restringidas en el espacio, por estar más distanciadas en el tiempo y por la disminución gradual del impacto neandertal hasta su desaparición en el yacimiento. Esta disminución de la huella neandertal en El Salt coincide con el H5 y los dientes hallados atribuidos a un individuo joven, podrían representar a los últimos grupos neandertales de la región (Garralda et al., 2014).

Paleomagnetismo:

Los estudios paleomagnéticos del yacimiento comenzaron de la mano de V. Soler quien pretendía obtener una curva de variación de la declinación e inclinación magnética a lo largo del depósito, para así correlacionarlos con registros continentales existentes. En el año 2015, Ángela Herrejón Lagunilla toma las riendas del estudio paleomagnético en su Tesis Doctoral bajo la dirección del Dr. Ángel Carrancho. El nuevo objetivo radica principalmente en la disección temporal de palimpsestos mediante el estudio del registro magnético de los hogares prehistóricos, es decir la cuantificación y comparación de la Variación Secular del Campo Magnético Terrestre del último calentamiento/enfriamiento de diferentes hogares para detectar diacronías entre ellos (Herrejón et al., 2015, 2016).

Lítica:

La producción lítica de El Salt es típica del Paleolítico medio siendo el Levallois centrípeto recurrente, el método de talla predominante (Galván, 1992; Galván et al., 2001, 2006). Habitualmente éste es ejecutado sobre bloques y nódulos de origen detrítico y tipometría pequeña y está destinado a la elaboración de lascas, y en menor medida, de utensilios retocados (raederas, denticulados y muescas). Asimismo también se identifican otras variantes del método Levallois (Unipolar, Bipolar Ortogonal y Preferencial), coexistiendo con modalidades de talla no Levallois (Galván et al., 2006).

Algunas de las herramientas fueron aportadas al yacimiento, incluso retocadas y otras fueron configuradas *in situ*. También se han podido documentar acciones de reparación de filos. De entre las piezas recuperadas en el yacimiento y atendiendo al análisis funcional de los restos, aparecen útiles ligados al procesado de la carne y de vegetales y al trabajo de la piel y de la madera (Rodríguez et al., 2002). Asimismo se han registrado en el yacimiento cantos de caliza con piqueta-

dos, impactos lineales, incisiones, desgastes y fracturas, que han sido interpretados en los casos más claros como percutores, retocadores y yunques (Galván et al., 2014b).

El sílex presente en el yacimiento de El Salt procede sobretodo de formaciones silíceas identificadas en niveles mesozoicos y cenozoicos del Prebético de Alicante, que se formaron en ambientes marinos de plataforma (sílex tipo Mariola -campaniense superior-maastrichtiense-) o arrecifal/pararrecifal (Sílex tipo Serreta -ilerdiense-, o Sílex tipo Beniaia, probablemente también ilerdiense). Principalmente, el tipo de sílex más recurrente en el yacimiento, así como en el resto de yacimientos de la zona desde el Paleolítico medio hasta el Neolítico, es el Sílex tipo Serreta (Molina et al., 2011).

Durante las prospecciones geoarqueológicas realizadas ha sido posible localizar áreas de captación de la variedad de sílex más recurrente (Serreta) con signos de explotación desde el Paleolítico medio, en los depósitos detríticos del Oligoceno, donde los bloques liberados por la erosión y resedimentados resultan más fáciles de obtener con la tecnología disponible (Galván et al., 2014b). Las áreas de captación se sitúan en la partida de Penella situada en la falda norte de La Serreta y en Aigüeta Amarga, ambas en un radio comprendido entre 3 y 5 kilómetros desde El Salt (Molina et al., 2011; Molina, 2016) (Figura 15).

Estructuras de combustión:

Más de 70 estructuras de combustión han sido identificadas en la totalidad de la secuencia de El Salt. Generalmente constituyen hogares simples, preferentemente localizados en las inmediaciones de la pared travertínica y su estado de conservación es bueno. Algunas conservan una capa de ceniza de milímetros de espesor, mientras que otras aparecen desmanteladas, y bajo el microscopio y en láminas micromorfológicas se muestran como rasgos de pisoteo.

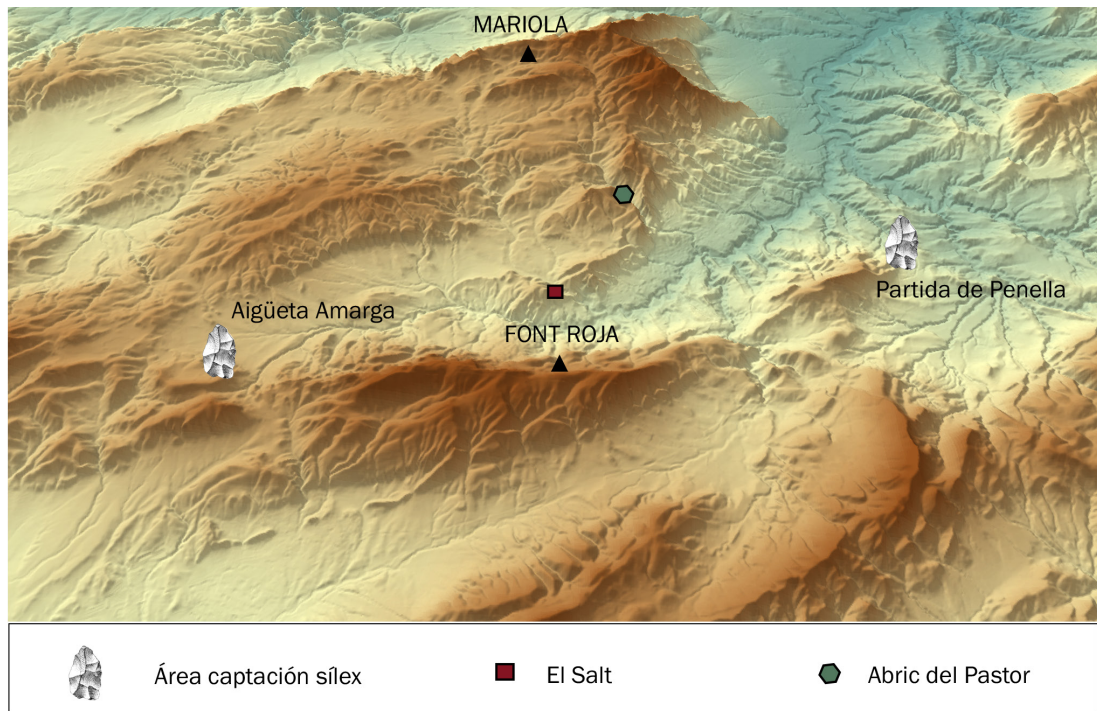


Figura 15. Localización de las posibles áreas de captación de sílex de tipo Serreta por los Neandertales de El Salt y Abric del Pastor.

Del estudio conjunto de la micromorfología, fitolitos y análisis lipídicos, se ha visto que las capas negras de dichas estructuras, de 1 a 3 cm de espesor, presentan un grado de termoalteración bajo ($< 400^{\circ}\text{C}$) y están compuestas de materia orgánica de suelo (hojas, tallos, raíces, tejido lignificado, partículas orgánicas amorfas, hongos y esporas) en una matriz arenosa bioturbada por lombrices y con abundantes fragmentos óseos de microfauna, fragmentos coprolíticos de distintos animales y frutos de *Celtis* sp.

El estudio de la termoalteración en travertinos, calizas, sílex y fauna revela que se llegaron a alcanzar temperaturas superiores a los de las capas negras, de 700 y 800°C , situándose el rango medio de termoalteración en torno a los 450 – 500°C (Mallol et al., 2013; Galván et al., 2014b).

A partir de las observaciones en los hogares identificados en el yacimiento y los trabajos experimentales realizados ha sido posible determinar que las capas negras de los hogares de El Salt se produjeron por la carbonización de la materia orgánica contenida en el suelo sobre el que se realizaron las diversas hogueras (Mallol et al, 2013).

E) Restos paleoantropológicos

En la campaña de 1987, en la Unidad V fueron hallados dos molares, dos premolares y un incisivo superiores. Tras su estudio fueron atribuidos a un único individuo joven o adulto joven con caracteres morfológicos y métricos que se sitúan dentro del rango de variabilidad de los Neandertales (Garralda et al., 2014). El estado de los restos no per-

mitió reconstruir la historia particular del individuo al que pertenecieron los dientes ni tampoco el sexo del mismo.

F) Registro paleobotánico

Michèle Dupré se encargó del estudio palinológico, cuyos resultados se recogen en un informe preliminar (1992, inédito).

Los resultados obtenidos para la Unidad XII revelaron abundantes restos de polen, de taxones variados y bien conservados, pertenecientes a la flora que se encuentra actualmente en torno al yacimiento. Aproximadamente la mitad del paisaje resultante estaría compuesto por bosques (57,5 %) dominados por la encina (*Quercus ilex*, *Q. rotundifolia*) y en menor medida por *Quercus caducifolia* (7%), que junto con los pinos (13,5 %), algo más abundantes, conformarían un bosque mixto, mesófilo, que iría acompañado de vegetación típica mediterránea como el olivo, el labiérnago, y el lentisco. La existencia de ciperáceas (5,4 %), aliso y ave llano aportarían cierto grado de humedad al entorno y las gramíneas serían las herbáceas dominantes. La oxidación resultante de los fuegos pudo ser la causante de que las Unidades XI, X y IX, en las que se ha registrado una concentración de hogares elevada, sean polínicamente estériles. Las Unidades VI y V también resultaron totalmente estériles.

El estudio del registro polínico para la Unidad VIII revela un entorno similar al de la Unidad XII, pero algo más seco, donde los elementos boscosos siguen dominando (46 %), aunque los pinares ven reducida su representación hasta un 4,5 %, mientras que los *Quercus caducifolios* no aparecen representados. Los elementos mediterráneos se reducen al género *Olea* y las ciperáceas prácticamente desaparecen (0,5 %). Respecto a las herbáceas, hay un intercambio en el dominio de las herbáceas por las compues-

tas. La siguiente Unidad (VII) muestra la continua degradación climática (más frío y seco). *Pinus* supone un 70 % frente a *Quercus* con solo 7 %, reflejando un paisaje de pinar poco denso salpicado por encinas.

Actualmente los estudios polínicos han sido retomados y se espera que de los avances en esta disciplina, junto con el incremento de conocimiento del comportamiento sedimentológico en el yacimiento, se obtenga un registro completo que permita la realización de diagramas polínicos que aporten información relevante al contexto ambiental y climático de cada momento registrado en el yacimiento.

El estudio del registro antracológico y carpológico de El Salt ha sido abordado en trabajos recientes (Vidal-Matutano, 2017; Vidal-Matutano et al., 2017, 2018). De entre las especies identificadas a partir del material antracológico, los taxones más representativos en la secuencia del yacimiento son el pino negro o pino silvestre (*Pinus nigra-sylvestris*), con frecuencias de entre 75 y 85 %, seguido de *Juniperus* sp. con valores máximos del 10 % y una presencia menor pero constante de *Acer* sp. También aparecen otros taxones como *Quercus*, boj (*Buxus sempervirens*), fabáceas (Fabaceae), rosáceas (Rosaceae), *Pistacia* sp., *Hedera* sp., Monocotyledoneae, *Ephedra* sp., *Ulmus* sp. y *Salix-Populus*. Diferentes análisis de recolección de leña han revelado que éstas actividades podrían haberse concentrado en un radio pequeño de 1 kilómetro, donde se encontrarían diferentes biotopos con disponibilidad de los diferentes taxones identificados en el yacimiento (Vidal-Matutano et al., 2018).

El estudio del material antracológico recuperado ha posibilitado la realización de una aproximación al clima y al paisaje leñoso durante el MIS 3 en el territorio de los valles de Alcoi. Éste sugiere la instalación de condiciones bioclimáticas de tipo

supramediterráneo (TMA de 8° a 13 °C) con el predominio del ombroclima sub húmedo (Vidal-Matutano et al., 2018).

Por otro lado, la observación de las alteraciones anatómicas en el carbón producidas por la actividad fúngica y su comparación con una colección de referencia experimental ha posibilitado la identificación de recolección de leña en determinados estados fisiológicos y fenológicos de la madera. Asimismo, la observación microscópica de carbón con rasgos de descomposición por hongos ha permitido identificar tareas relacionadas con el ahumado, lo que supondría la primera evidencia arqueológica de esta actividad (Vidal-Matutano et al., 2017).

El estudio del material carpológico ha permitido la identificación de taxones diferentes a los identificados a partir del carbón: tejo (*Taxus baccata*), almez (*Celtis australis*), *Galium* sp., sabina rastrera (*Juniperus sabina*) y *Rubus* cf. *laciniatus*. Este hallazgo sugiere el uso de estas especies con otros fines diferentes a la combustión (Vidal-Matutano et al., 2018).

G) Registro zooarqueológico

A partir del estudio de los restos faunísticos hallados, se ha podido determinar la presencia en el yacimiento de las siguientes especies: *Equus ferus*, *Equus* cf. *hydruntinus*, *Capra pyrenaica*, *Oryctolagus cuniculus*, *Bos primigenius*, *Cervus elaphus*, *Testudo hermanni*, *Sus scrofa*, *Pyrrhocorax* sp., Rhinocerotidae, *Panthera pardus*, *Lynx* sp., *Canis* cf. *lupus*, *Vulpes vulpes*, *Ursus* sp. y *Cuon* sp. (Sanchis et al., 2015b, Pérez et al., 2017a; Pérez, 2019).

Los estudios zooarqueológicos han revelado la implicación del hombre en el aporte de estos restos faunísticos en la mayor parte de los casos (65 % NISP), a pesar de constatare un aporte continuo de lepóridos

como presas de las aves rapaces y pequeños carnívoros (Pérez et al., 2015). Las actividades relacionadas con el procesado carnicero de los ungulados (marcas de corte, muescas, lascas derivadas de la percusión y termoalteraciones) ponen de manifiesto el intenso aprovechamiento de las carcasas en el yacimiento. Los restos pertenecientes a Rhinocerotidae, *Panthera pardus*, *Lynx* sp., *Canis* cf. *lupus*, *Vulpes vulpes* y *Ursus* sp., no presentan evidencias de manipulación antrópica (Sanchis et al., 2015b; Pérez et al., 2017a).

En términos taxonómicos, el depósito de El Salt comparte el espectro cinegético de otros yacimientos del MIS 3 en la vertiente mediterránea, caracterizado por la explotación sistemática del ciervo (*Cervus elaphus*), la cabra montés (*Capra pyrenaica*), y el caballo (*Equus ferus*). El rango de especies identificadas señala el desarrollo de estrategias cinegéticas pluriespecíficas, que se traduce en un alto control del medio por parte de los grupos neandertales que explotarán biotopos de llanura (o pradera abierta), bosques y montañas (Pérez, 2014). Respecto a la tortuga, ésta se encuentra ínfimamente representada en el yacimiento de El Salt, probablemente debido por un lado a una menor disponibilidad de esta especie en el medio por un cambio en las condiciones ambientales (Pérez et al., 2017a), o bien a la suma de los factores ambientales y el impacto antrópico que favorecerían finalmente un proceso de rarefacción zonal (Nabais y Zilhao, 2019).

H) Pequeños mamíferos

En lo referente a la historia de los estudios de la microfauna del yacimiento, fue Inocencio Sarrión Montañana el primero en publicar información relativa a estos pequeños mamíferos. En 1990 publica un trabajo en el que aporta una lista faunística compuesta por *Microtus brecciensis*/

dentatus, *M. arvalis*, *Pitymys duodecimcostatus*, *Arvicola sapidus*, *Crocidura russula* y *Oryctolagus cuniculus* (Sarrión, inédito). Posteriormente, pocos años después Pere Guillem retoma el estudio de estas faunas y realiza varias publicaciones en las que indica la presencia de *Microtus arvalis* y *Terricola duodecimcostatus* en el nivel XII del yacimiento (Guillem–Calatayud, 1995, 2000).

A partir del año 2013 se retoman los trabajos de recuperación de la microfauna del yacimiento en el marco del actual proyecto de investigación. Fruto de esta nueva etapa de trabajos ha sido la recuperación de los materiales que son objeto de estudio en esta Tesis Doctoral.

3.3 El Abric del Pastor

A) Contexto geológico

El Abric del Pastor está ubicado en una zona abrupta de montaña, en la margen derecha de un estrecho barranco conocido como Barranc del Cint, a unos 800 m.s.n.m., formando parte del Parque Natural de la Serra de Mariola (Figura 16). El abrigo se formó en sedimentos del Mioceno medio Tortoniense. Estos sedimentos están compuestos principalmente por un tipo de calizas, las calcirruditas bioclásticas (Almela et al., 1975), constituidas por restos orgánicos de conchas de invertebrados marinos y por pequeños granos de arena o grava, fuertemente cementados. La cavidad formó parte de una red paleokárstica que atravesaba las citadas calizas miocénicas, cuya heterogeneidad junto con la erosión propiciaron la desestructuración de la red, generando los cortados del Barranc del Cint con sus cuevas y abrigos, como en el caso del Abric del Pastor (Figura 16).

B) Historia de las excavaciones

Las primeras intervenciones arqueológicas en este yacimiento fueron realizadas en

1953 por el aficionado a la arqueología Mario Brotons Jordà (Segura y Cortell, 1984), quien actuó sobre la parte central del abrigo, en la parte superior del depósito, en las posteriormente denominadas Unidades I, II, III y IVa.

Desde la Universidad de Alicante y a través de correo ordinario, su paisano, el profesor Francisco Jordà asesoró a Brotons en el proceso de excavación y en el tratamiento del registro arqueológico. La información que se conserva de tales excavaciones está depositada en el Museu Arqueològic Municipal de Alcoi y consiste en el diario de campo, anotaciones sueltas, unas pocas fotografías y algunos croquis y las cartas que intercambiaron Brotons y Jordà. Estas excavaciones proporcionaron ya un rico conjunto de materiales faunísticos y líticos, que en parte, publicó años más tarde Camil Visedo (Visedo, 1959).

En el año 2005, el equipo dirigido por la Dra. Galván de la Universidad de la Laguna, reanuda las investigaciones en el yacimiento como parte del estudio integral y pluridisciplinar del poblamiento neandertal en la montaña alicantina, en el que está incluido también el yacimiento de El Salt (Galván et al 2008, Molina et al., 2010). Al igual que en este yacimiento, una de las líneas de investigación parte de una posición multianalítica fundamentada en el tratamiento integrado de las diferentes disciplinas para la disección de palimpsestos.

C) Estratigrafía

Las excavaciones actuales han puesto al descubierto una secuencia sedimentaria de 1,50 m y dividida en 6 Unidades Estratigráficas según parámetros texturales macroscópicos y micromorfológicos. Principalmente está constituida por cantos y gravas procedentes de la disgregación del estrato conglomerático que aflora en el abrigo. De base a techo, las Unidades descritas son (Hernández et al., 2014) (Galván et al., 2014b) (Figura 17):

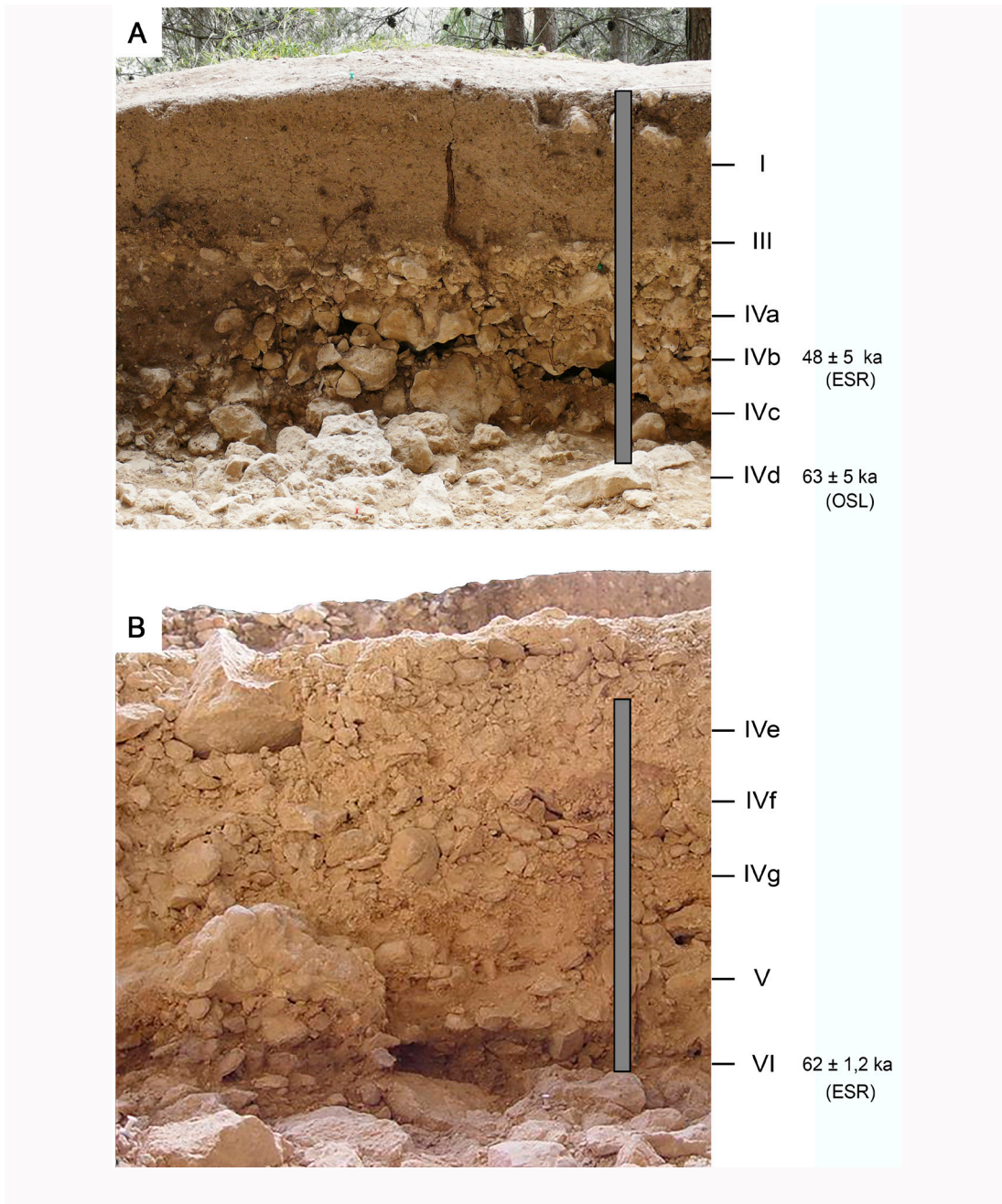


Figura 16. A, B) Vista panorámica del Barranc del Cint. C) Boca del abrigo durante la campaña de excavación.

UE VI: Ha sido identificada solamente en el sondeo estratigráfico. De espesor aún desconocido, está formada por un sedimento limoarenoso con un 40 % de clastos y gravas. Presenta una acumulación de materiales elevada, tanto de sílex como de fauna y carbones, así como estructuras de combustión asociadas a la pared del abrigo rocoso. Dataciones realizadas por ESR a partir de diferentes elementos dentales muestran una edad de $62 \pm 1,2$ ka para esta subunidad (Mallol et al., *in press*).

UE V: También fue identificada en el sondeo. De igual composición que la Unidad previa, presenta 25 cm de potencia, en los que han sido descritos rasgos de iluviación y de procesos recurrentes de reducción-oxidación que indican mayor humedad en los niveles superiores.

UE IV: Reconocida en toda la superficie de excavación, presenta 70 cm de espesor medio, que han sido divididos en 7 subunidades en las que se alternan lechos



discontinuos de cantos (IVa, IVc, IVe, IVg) con facies de limos arcillo-arenosos, arenas y gravas de grano fino (IVb, IVd y IVf). Del estudio combinado del depósito sedimentario y el registro arqueológico se han podido aislar diferentes ocupaciones humanas obteniendo una resolución temporal elevada (Machado et al., 2013). Dataciones por ESR a partir de dientes recuperados en la Unidad IVb muestran una edad de 48 ± 5 ka para esta subunidad. Por otro lado, dataciones de OSL de granos de cuarzo del sedimento recuperados en IVd arrojan una edad de 63 ± 5 ka (Mallol et al., *in press*).

UE III: Reconocida en toda la superficie de excavación, su espesor varía entre los 3 y 12 cm y está compuesta de gravas redondeadas con ausencia de matriz, lo que indica un periodo de exposición subaérea en que el abrigo fue afectado por procesos de lavado. El material arqueológico recuperado es escaso.

UE II: Constituye un sedimento relicto en el sector NW del área excavada, erosionada por la Unidad superior. Está compuesta por una matriz calcítica, cementada en algunas zonas, y con abundantes cavidades de disolución. Las evidencias arqueológicas son muy escasas.

UE I: Constituida por diferentes eventos de sedimentación formados durante el Holoceno. Se han identificado 6 subunidades, todas en contacto erosivo con el depósito pleistocénico. Se ha documentado el uso del abrigo como lugar para guardar el ganado. En cuanto al registro arqueológico se han identificado materiales en posición secundaria del Paleolítico medio pertenecientes al tramo superior de la secuencia pleistocénica. No obstante, quedan relictos de pared de hasta 0,70 m intactos. La mayoría de los materiales obtenidos por M. Brotons proceden de esta Unidad y se encontrarían en posición secundaria.

D) Ocupaciones humanas

El estudio conjunto de las Unidades de Materia Prima, las estructuras de combustión y el material faunístico recuperado han puesto en evidencia entre 4 y 6 ocupaciones breves y de baja densidad, entre las Unidades litoestratigráficas IVa, IVb y IVc (Machado et al., 2013). Todas las ocupaciones muestran un uso del espacio similar pero difieren en el peso de las actividades que han sido identificadas. Mientras que en IVa y IVc domina el procesado del animal con un importante consumo de *Testudo hermanni* con una actividad de talla ínfima, en IVb es ésta la que domina.

Las Unidades III y II están afectadas por las excavaciones de Brotons y actividades pastoriles (Abric del Pastor), mientras que las Unidades V y VI de momento se conocen de manera muy parcial a través de un sondeo.

Lítica:

La producción lítica del Abric del Pastor es típica del Paleolítico medio con el Levallois como método de talla más utilizado, y la variedad centrípeta recurrente la más abundante (Galván et al., 2009). Se identificaron cadenas operativas completas que testimonian la talla *in situ* y la integridad del conjunto lítico (Galván et al., 2008). Los elementos apuntados tienen gran relevancia en el conjunto lítico recuperado con 543 piezas, entre los que destacan los objetos apuntados (64) (Galván et al., 2007-08) (Hernández et al., 2014).

Tanto para el material obtenido por Brotons como en las excavaciones modernas, en ambos casos bastante abundante, se observa el predominio del sílex tipo Serreta (70,94 %), captado resedimentado en depósitos oligocenos donde su obtención sería más fácil (Molina et al., 2010) (Figura 15). Otras variedades de sílex presentes en el yacimiento son los sílex tipo Serreta, Beniaia y Font Roja, que ponen de manifiesto un

aprovechamiento integral de la variabilidad de recursos líticos existentes en este territorio, en una distancia no superior a 17 kilómetros desde el yacimiento.

Estructuras de combustión:

Al menos 17 hogares han sido identificados a lo largo de la secuencia del yacimiento (Connolly et al., *in press*). Los hogares identificados en el abrigo ocupan generalmente la zona central, situándose en las proximidades de la boca, bajo la línea de la visera y muestran un tamaño que oscila entre 0,30 y 1 metro de diámetro. Las cenizas únicamente han sido identificadas en los análisis micromorfológicos y de FTIR, por lo que el reconocimiento de los hogares en el yacimiento ha sido posible a partir del impacto térmico observado sobre el sustrato (rocoso o arenoso).

E) Registro paleobotánico

El estudio del registro antracológico para la Unidad IV sugiere que la madera como elemento de combustión fue recuperada del entorno cercano al yacimiento, donde la presencia de especies leñosas alrededor del yacimiento no era escasa. En el entorno dominaría *Juniperus* sp. seguido de taxones termófilos de formación de tipo arbustiva, elementos xerófilos y en menor medida los taxones de ribera. De entre las especies recuperadas, destaca la presencia del tejo (*Taxus baccata*), que constituye la evidencia más antigua publicada de recolección de leña de esta especie en la península (Vidal-Matutano, 2015a). Las especies identificadas indican unas condiciones meso-supramediterráneas con una temperatura media anual de 8 a 17 °C y una precipitación media anual entre 350 a 600 mm (Vidal-Matutano et al., 2015b; Vidal-Matutano, 2016a).

La información disponible para las Unidades I, II, III y IVb es de carácter parcial puesto

que la malla para la recuperación de los carbones era demasiado grande. Los resultados del estudio de los carbones de las Unidades indican una vegetación termófila.

F) Registro zooarqueológico

El registro zooarqueológico del Abric del Pastor es de aportación predominantemente antrópica. Las especies identificadas en el yacimiento señalan una estrategia cinegética centrada en la selección de testudinos principalmente, y de forma más residual, de cabras y ciervos (Pérez et al., 2017a). Las actividades de captación y procesamiento de estas presas son desiguales, dándose en el caso de las tortugas un transporte al yacimiento prácticamente íntegro, mientras que entre los ungulados se produce una entrada parcial de la carcasa, centrada sobre todo en los restos apendiculares y craneales (Pérez et al., 2017a). Como taxones minoritarios se ha determinado el rebeco (cf. *Rupicapra*), el corzo (*Capreolus capreolus*) y el caballo (*Equus ferus*), junto a la presencia anecdótica del conejo (*Oryctolagus cuniculus*), el jabalí (*Sus scrofa*), el rinoceronte (*Stephanorhinus* cf. *hemitoechus*), el oso (*Ursus* cf. *arctos*) y el leopardo (*Panthera pardus*) (Sanchis et al., 2015a, 2015b).

El estudio paleoecológico del conjunto revela la predominancia del termotipo termo-mesomediterráneo, con una temperatura media anual para la Unidad IV de 18,5 °C y una precipitación anual de 403,62 mm (Pérez et al., 2017a).

4. Material y métodos



4- Material y métodos

4.1- Material

El material estudiado en cada yacimiento se detalla en el apartado “Material and methods” de cada uno de los artículos incluidos en esta Tesis. Tras la lectura de la Tesis, el material será depositado en el Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó de Alcoi, responsable legal para el almacenamiento y gestión del material derivado de las excavaciones arqueológicas en El Salt y Abric del Pastor.

4.2 – Métodos

La metodología utilizada en cada artículo de esta Tesis se encuentra incluida en el apartado de “Material and methods” de estos trabajos, por lo que se remite al lector a dicho apartado para una descripción detallada. Únicamente se mencionan en el presente capítulo de “Material y métodos” aquellas tareas que, por normativa o espacio en las revistas, no se han podido desarrollar adecuadamente allí.

4.2.1 – Trabajo de campo

La excavación de los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor se hace en extensión y siguiendo las pendientes originales de los niveles naturales, mediante diferentes levantamientos (en los artículos *surface*, *S*), entendidos como el intervalo sedimentario que representa la menor fracción temporal reconocible sobre el terreno (Fagoaga et al., 2019a). La finalidad de esta manera de proceder es poder controlar con la mayor precisión la distribución de los materiales y su adscripción a una unidad cronológica concreta. La superficie de excavación está dividida en cuadros de 1 m², subdivididos a su vez en 4 cuadros de 50 x 50 cm (subcuadros), constituyendo éstos la unidad mínima de trabajo.

Para extraer el sedimento y los materiales contenidos en éste, se emplean herramientas como cuchillos de madera y brochas para evitar generar demasiadas alteraciones sobre los restos fósiles. Tanto el material fósil hallado como el sedimento son guardados en bolsas adecuadamente sigladas (Figura 18a). El sedimento embolsado de cada subcuadro es trasladado hasta la zona de flotación. Por otro lado, con la ayuda de una estación total se registra la posición tridimensional de materiales de distinta naturaleza, como sílex, restos de fauna o de carbón mayores de 2 cm y/o fragmentos de travertino quemado. Los datos tomados con la estación total son exportados en formato .txt o .dxf, lo que permite su volcado en bases de datos o programas de tratamiento espacial de datos, entre otros.

Los restos fósiles de pequeños mamíferos estudiados en esta Tesis proceden de las campañas de excavación de los años 2013 y 2014. El escaso tamaño de los pequeños vertebrados determina que para su obtención no sea posible utilizar las técnicas de excavación y recolección superficial para la recuperación de restos de fauna de gran talla, sino que se debe recurrir a las técnicas propias de la micropaleontología. Así, la recuperación de estos restos en campo se llevó a cabo a partir de diferentes técnicas: recogida en campo, flotación y lavado-tamizado y mediante el procesamiento de un volumen grande de sedimento (Daams y Freudental, 1988). El pequeño tamaño de los restos, imperceptibles a los ojos del excavador, hizo que la primera de las técnicas, la recogida directa en el yacimiento, fuera la que menos se utilizó. No obstante, algunos huesos largos (generalmente húmeros de topo) o mandíbulas completas fueron recuperados de esta manera (Figura 18b).

Los restos de microvertebrados de la Unidad Xb (El Salt) fueron recuperados mediante flotación y lavado tamizado (Figura 19a). El uso de esta técnica combinada permitió la

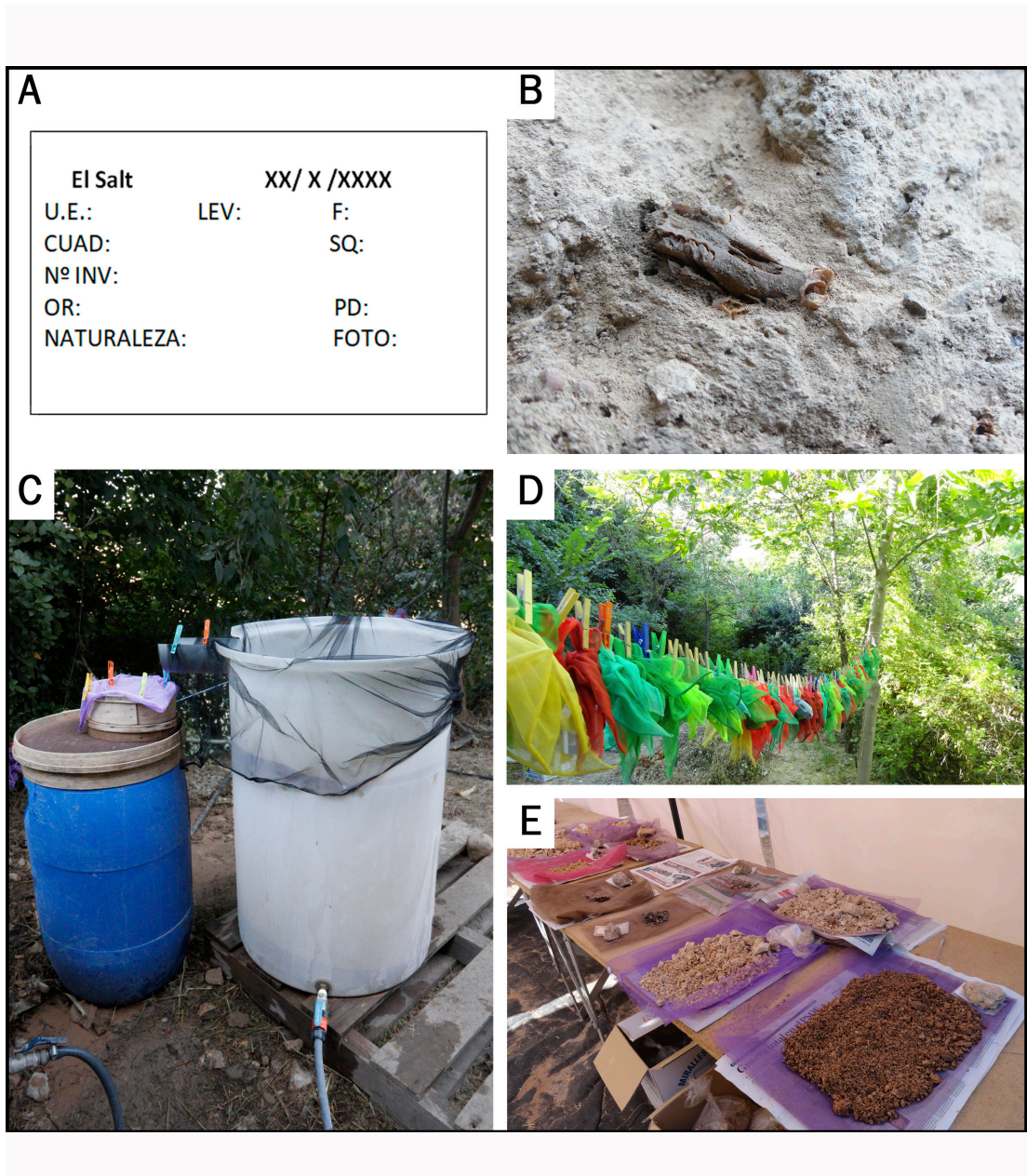


Figura 18. A) Etiqueta de registro sin datos, de las utilizadas en la excavación de El Salt. B) Cráneo invertido de arvicolino en el sedimento (UE Xb). C) Cuba de flotación para la recuperación de carbones y microvertebrados. D) Mallas de secado de 0,2 mm con el carbón flotado. E) Fracción superior a 1 mm durante el proceso de secado.

recuperación tanto de los restos de carbones y semillas como los de microvertebrados contenidos en las muestras procesadas.

El sedimento previamente extraído y embolsado se flotó en una cuba, con la finalidad de separar la materia orgánica de la inorgánica por sus diferentes densidades (Badal, 1991; Carrión, 2005). La cuba de flotación consta de una entrada de agua en la parte inferior, conectada a un grifo colocado en sentido inverso que vierte agua hacia arriba de manera continua. También en la parte inferior, una llave de paso permite el vaciado de la cuba por gravedad. En la parte superior una malla con diámetro de luz de 1 mm cubre toda la boca de la cuba, a excepción de unos centímetros de borde de cuba modificados en forma de vertedor (Figura 18c). Cuando se vierte el sedimento sobre la malla de la cuba, la materia orgánica (carbones y semillas) flota y sale de la cuba cuando rebosa el agua debido al aporte continuo de caudal. La parte inorgánica se hunde y aquellos componentes con un tamaño superior al tamaño de la luz de la malla (1 mm) quedan atrapados en esta. Estos materiales (partículas detríticas, restos de fauna, *debris* procedentes de la elaboración de industria lítica...) son trasladados a mallas de secado para su posterior selección. Los restos de microvertebrados que suelen aparecer en estas mallas son huesos largos o dientes relativamente grandes, como los de los lagomorfos o arvicolininos. Los restos con un tamaño inferior a 1 mm atraviesan la malla de la cuba de flotación y caen al fondo de la misma. Cuando se vacía la cuba (porque se colmata o porque se cambia de unidad y/o facies) se sitúa un tamiz en la llave de salida, que recoge el sedimento. Este sedimento con los restos de microvertebrados se traslada al laboratorio donde se lleva a cabo un proceso de lavado-tamizado de las muestras.

Las muestras procedentes de la Unidad V superior, Facies 24 del El Salt (Figura 19b,c) y la UE IVd del Abric del Pastor (Figura 17,

capítulo de Contexto), una vez embolsadas fueron transportadas al laboratorio de Geología de la Universitat de València donde se procesaron sin pasar por el proceso de flotación. Para estos últimos casos, en los estudios taxonómicos llevados a cabo también se incluyó material de tamaño superior a 1 mm procedente del proceso de la flotación de los carbones, que se realizó sobre otras muestras de las mismas unidades de forma independiente. No obstante, para los análisis que requieren abundancias relativas de las especies solo se utilizaron aquellos elementos obtenidos de muestras completas donde todas las fracciones están representadas para que las especies con elementos dentales más grandes no quedaran sobre-representadas. Los restos pertenecientes a la Unidad V superior, Facies 25, no se excavaron en extensión si no que se muestrearon y se procesaron en el laboratorio (Figura 19b,c).

4.2.2-Trabajo de laboratorio

Finalizada la campaña de excavación, se trasladaron las muestras al laboratorio de Geología de la Universitat de València. La finalidad de las técnicas aplicadas en el laboratorio es reducir el volumen de las muestras extraídas, es decir, eliminar la parte de material que no contiene restos fósiles de microvertebrados. Para ello se aplica la metodología clásica del lavado-tamizado de sedimento. Esta metodología fue introducida por Lartet en el siglo XIX y posteriormente perfeccionada por investigadores holandeses (Freudenthal et al., 1976; Daams y Freudenthal, 1988). En esta técnica el sedimento, con la ayuda de agua a cierta presión, se hace pasar por un tamiz de luz de malla de 0,5 mm. Los restos fósiles de microvertebrados con un tamaño inferior a 0,5 mm suelen estar fragmentados y no son identificables. Una vez finalizada esta fase del proceso, las muestras se dejan secar al aire varios días en tamices de secado (Figura 20a).

Tras el secado de las muestras se fracciona el concentrado resultante, para así disponer de submuestras con granulometrías uniformes, lo que redunda en mejorar la eficacia del siguiente proceso, el triado.

Para conseguir el fraccionado se pasaron las muestras por una serie de tamices de distintas luces de malla: 5 - 2 - 1,25 - 1 - 0,75 y 0,5 mm (Figura 20b), obteniéndose un concentrado final por cada uno de los tamices empleados.

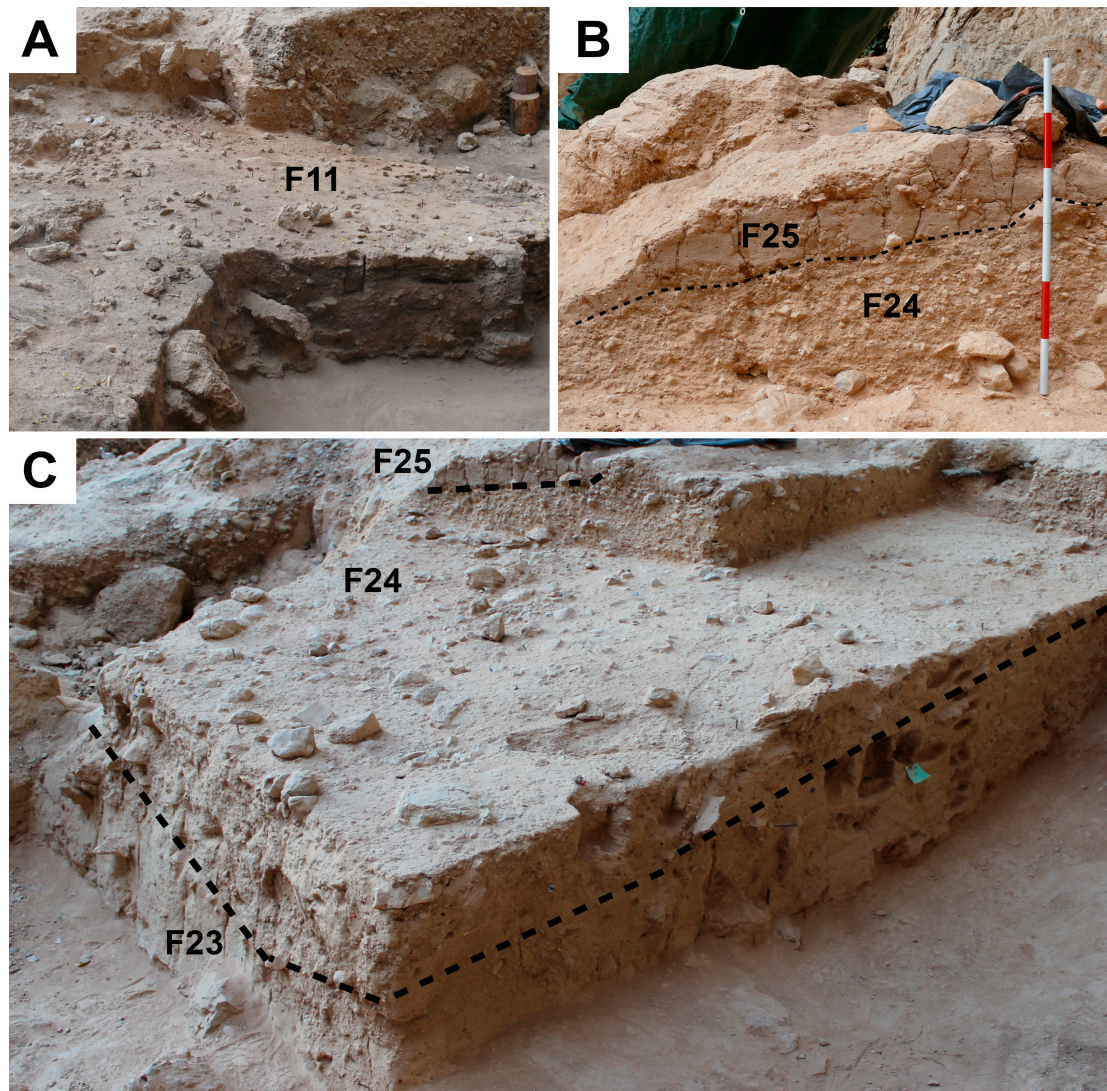


Figura 19. Facies estudiadas en este trabajo. A) Facies 11 de la Unidad Xb. B) Facies 25 y 24 de la Unidad V superior. C) Vista general de las facies estudiadas (24 y 25), así como de la facies subyacente número 23.

4.2.3.-Trabajo de gabinete

Triado: Las submuestras de concentrados se inspeccionaron en pequeñas cantidades bajo la lupa binocular, donde se seleccionaron los restos fósiles de pequeños vertebrados. A este proceso se le denomina triado. La extracción se lleva a cabo mediante un pincel ligeramente húmedo y bajo la lupa binocular en el caso de las fracciones más pequeñas. En nuestro caso se utilizó una lupa binocular LEICA MS 5 (aumentos entre 8 y 16). Para las fracciones más grandes se extendió la muestra sobre una superficie plana y se extrajeron los restos a simple vista con la ayuda de unas pinzas.

Una vez separados los restos óseos y dentales de los micromamíferos se procedió al montaje de estas piezas en colección (Figura 20c). En la colección se incluyeron todas las piezas dentales completas y aquellos fragmentos en los que es posible medir al menos un parámetro u observarse algún rasgo morfológico característico e identificativo de un taxón. Los dientes sueltos se fijaron con goma de borrar de carboncillo a piezas de LEGO sobre las que se dispuso una etiqueta con la sigla y el número de registro del elemento en cuestión. Las siglas constan de dos partes: el nombre del yacimiento abreviado, la facies o nivel del que proceden y el número de registro del espécimen. Las siglas para el yacimiento de El Salt son ST-FX-XXX (Figura 20d), siendo ST el acrónimo de El Salt, FX (F24, F25,...) la facies a la que corresponde y el resto de valores se reservan para el número de registro del espécimen; En el caso del material procedente del yacimiento del Abric del Pastor, la sigla es del tipo AP-X-X-XXX, donde AP constituye el acrónimo del yacimiento (Abric del Pastor), los siguientes dígitos se reservan para la unidad estratigráfica, los siguientes para el levantamiento, y por último los números de registro del espécimen. Este sistema de montaje permite disponer de registros individualizados.

De cada elemento dental de micromamífero recuperado del yacimiento se registró diferente información, que fue recogida en una base de datos, de cara a los futuros análisis que de este material pudieran realizarse. Así, los campos de los que se compone dicha base de datos son: Yacimiento, Sigla, Fecha, Unidad, Facies, Levantamiento, Cuadro, Subcuadro, Hogar, Material, Elemento, Posición, Lateralidad, Género, Especie, Fotografía y Observaciones.

Identificación taxonómica: Para la identificación taxonómica se recurrió a la información contenida en la bibliografía (Koenigswald, 1970; Chaline, 1972; Michaux y Pasquier, 1974; Furió, 2007; López-García, 2011; Berto, 2013) y a colecciones de comparación existentes en el Museu Valencià d'Història Natural de la Universitat de València y el Gabinete de Fauna Cuaternaria del Museo de Prehistoria de Valencia.

Los restos identificados en esta Tesis como pertenecientes a *Crocidura suaveolens* se corresponden con la especie *Crocidura gueldenstaedtii*, que actualmente engloba a *Crocidura suaveolens* de Europa occidental (Sheftel, 2018).

Descripción de los materiales: La nomenclatura de los distintos elementos morfológicos de los elementos dentarios de cada uno de los grupos taxonómicos estudiados en esta Tesis se recoge en las figuras 21 a 28.

Toma de medidas: Las mediciones (mm) se realizaron con la lupa Leica MZ75 por medio del desplazamiento de una plataforma mecánica, conectada a un equipo de medida *Sony Magnescale*. Las medidas tomadas sobre cada elemento óseo o dentario de los distintos grupos de micromamíferos representados en las muestras analizadas se han realizado siguiendo los esquemas propuestos en distintos trabajos previos (Figuras. 23, 29 a 35).

Las fotografías se realizaron con el microscopio electrónico de barrido (SEM) HITACHI 4800 del Servei Central de Suport de la Investigació Experimental (SCSIE) de la Universitat de València. Para la edición de dichas fotografías se utilizó el programa Adobe Photoshop®, mientras que para la elaboración de las láminas se hizo uso del

programa Adobe Illustrator®. El resto de fotografías fueron tomadas con la cámara Pentax® k10d y Canon® EOS77d. Tras la lectura de la Tesis, el material será depositado en el Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó de Alcoi.

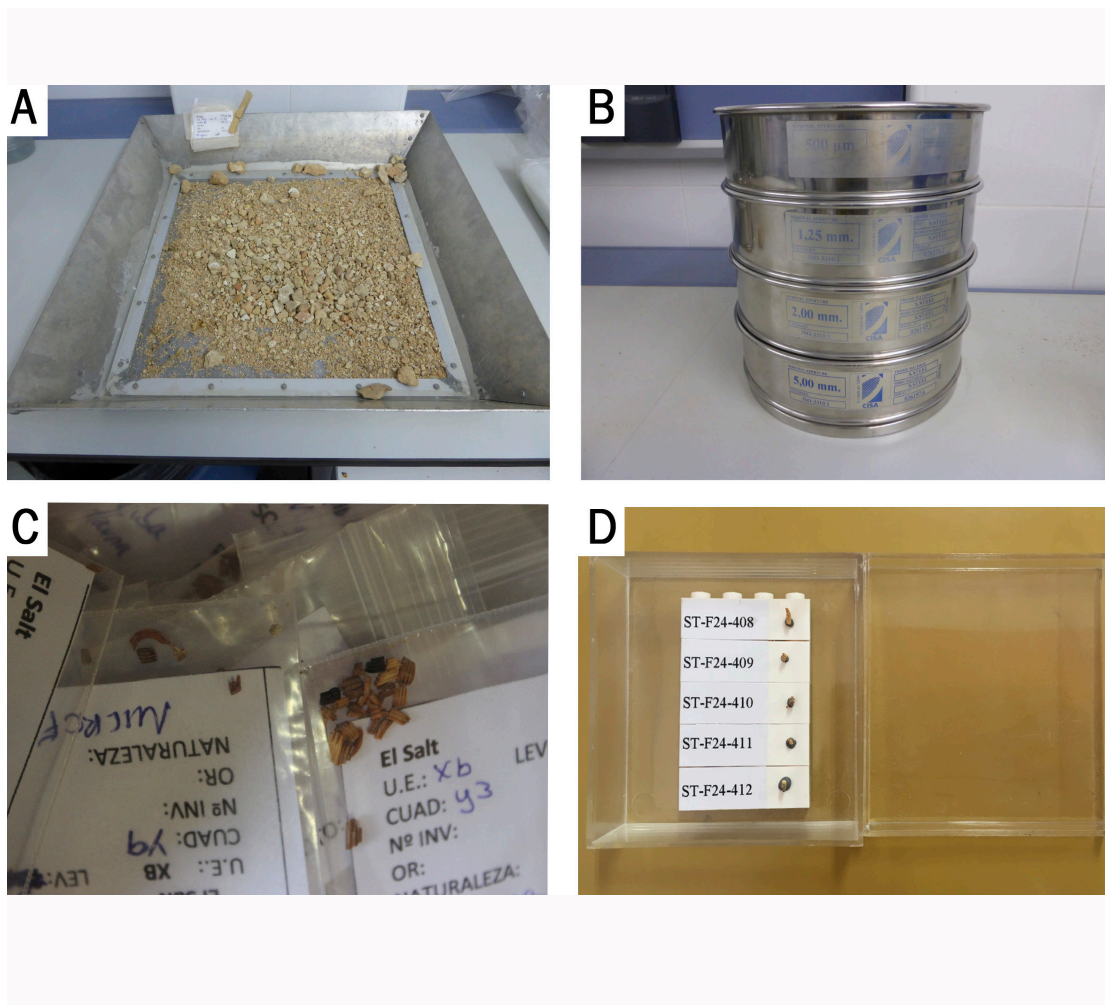


Figura 20. A) Secado de las muestras en el Laboratorio de Geología (UV) sobre un tamiz de secado de 0,5 mm. B) Columna de tamices usados para el fraccionado en seco de las muestras. C) Restos dentales triados y embolsados con su etiqueta correspondiente. D) Especímenes en colección provenientes de la Facies 24 del yacimiento de El Salt.

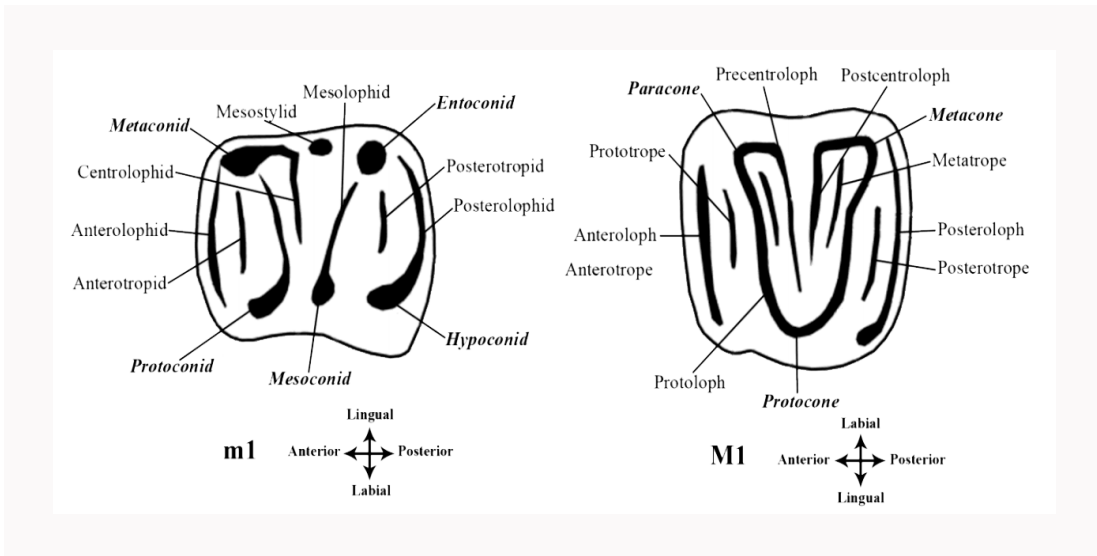


Figura 21. Nomenclatura dental de la Familia Gliridae, tomada de Daams (1981) y Freudenthal (2004).

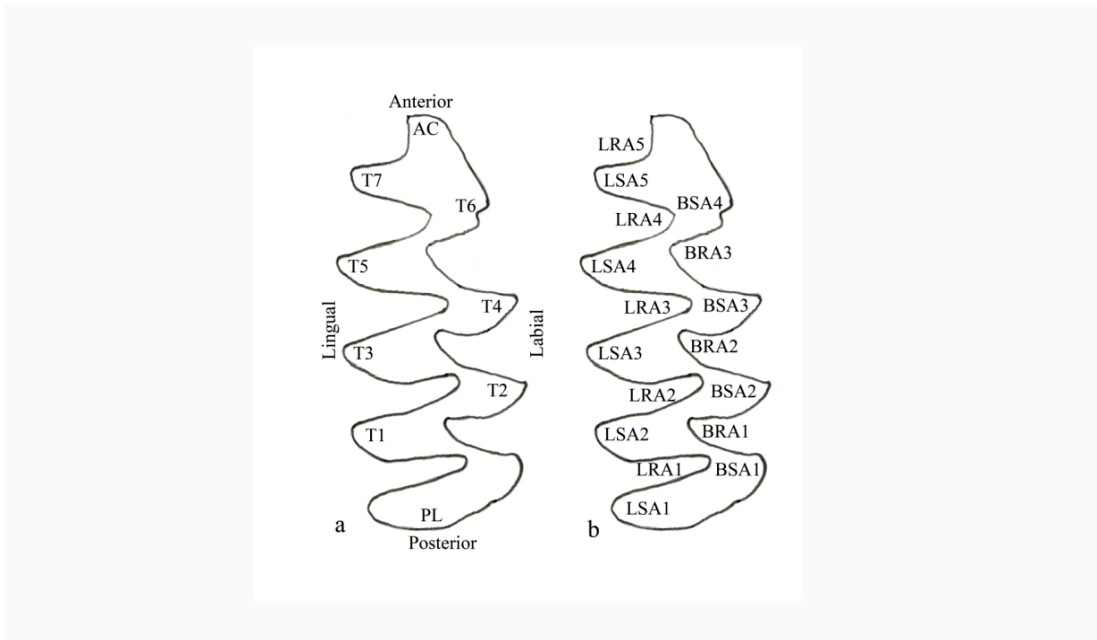


Figura 22. Nomenclatura utilizada para la descripción de la dentición aislada de los arviculinos (Van der Meulen, 1973). a: AC: cúspide anterior, PL: lóbulo posterior, T: triángulo; b: BRA: ángulo entrante bucal, BSA: ángulo saliente bucal, LRA: ángulo entrante lingual, LSA: ángulo saliente lingual (Van der Meulen, 1973; modificado por López-García, 2008).

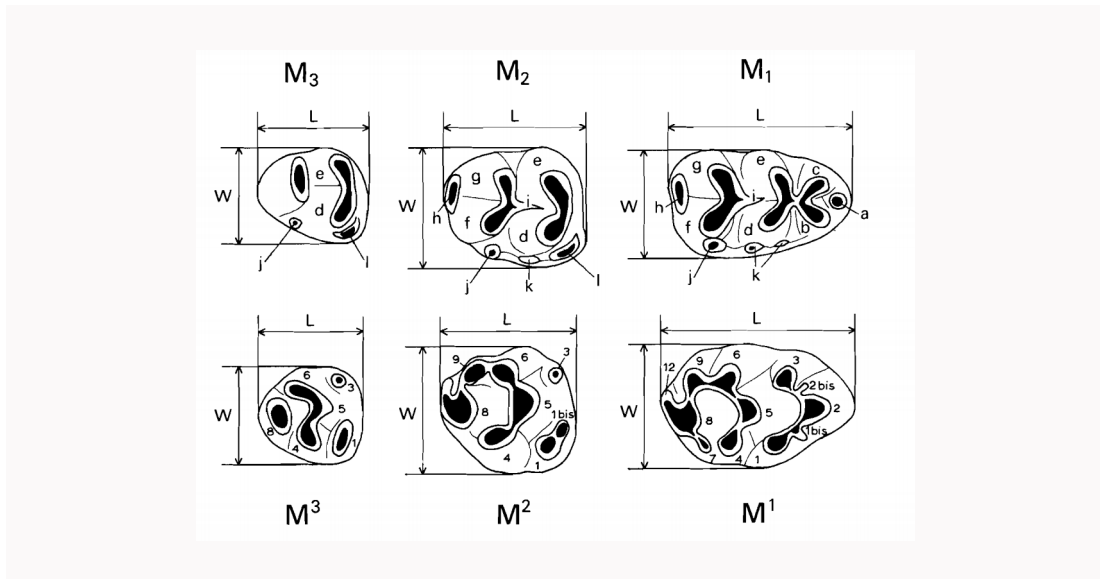


Figura 23. Nomenclatura y esquema de medidas de los elementos dentales de la Familia Muridae. a) Cúspide antero-central, b) cúspide antero-labial, c) cúspide antero-lingual d) protocónido, e) metacónido, f) hipocónido, g) entocónido, h) talón terminal (*terminal heel*), i) espolón longitudinal (*longitudinal spur*), j) cúspide accesoria posterior, k) cúspides accesorias del cíngulo labial, l) cúspide antero-labial (van der Weerd, 1973).

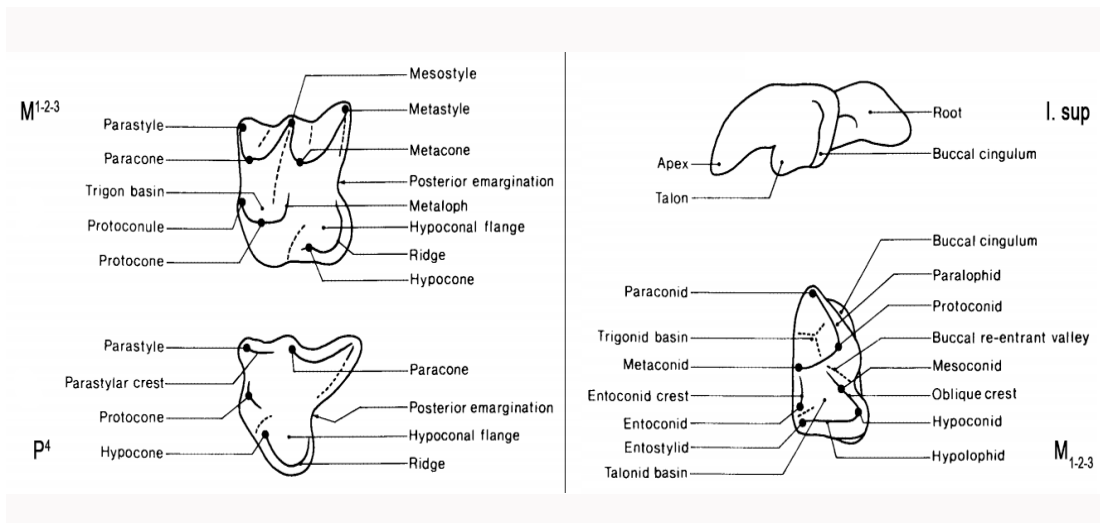


Figura 24. Nomenclatura de los elementos dentales de la Familia Soricidae (Reumer, 1984).

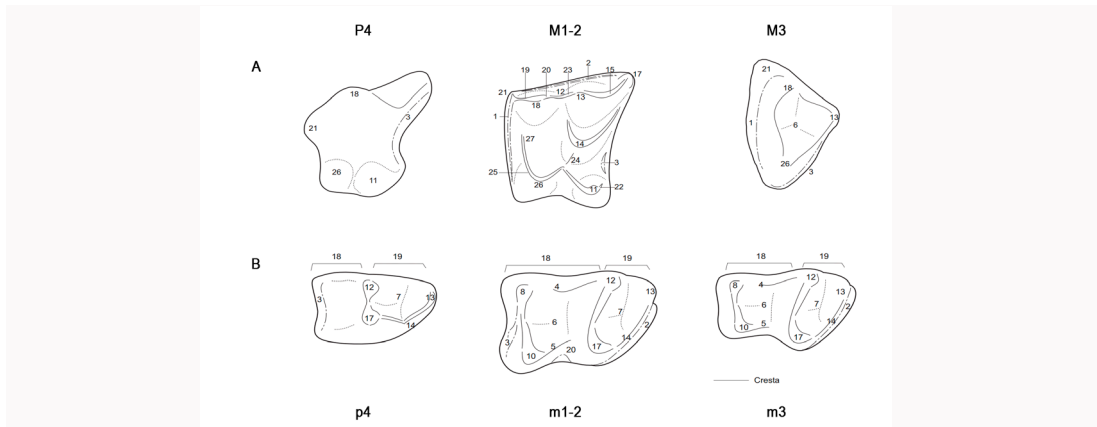


Figura 25. Nomenclatura utilizada en molares de erinaceidos. A) Dentición superior: Cíngulos anterior (1), labial (2) y posterior (3); 6–Depresión del trigono; 11–Hipocono; 12–Mesostilo; 13– Metacono; 14–Metacónulo; 15–Metacresta; 17–Metastilo; 18–Paracono; 19–Paracresta; 20–Paramesocresta; 21–Parastilo; 22–Posthipocresta; 23–Postmesocresta; 24–Postprotocresta; 25–Preprotocresta; 26–Protocono. B) Dentición inferior: Cíngulos labial (2), posterior (3); Crestas del entocónido (4), oblicua (5); Depresiones del talónido (6), del trigónido (7); 8–Entocónido; 10–Hipocónido; 12–Metacónido; 13–Paracónido; 14–Paralófidio; 17–Protocónido; 18–Talónido; 19– Trigónido; 20–Valle reentrante labial (modificado de Furió et al., 2007).

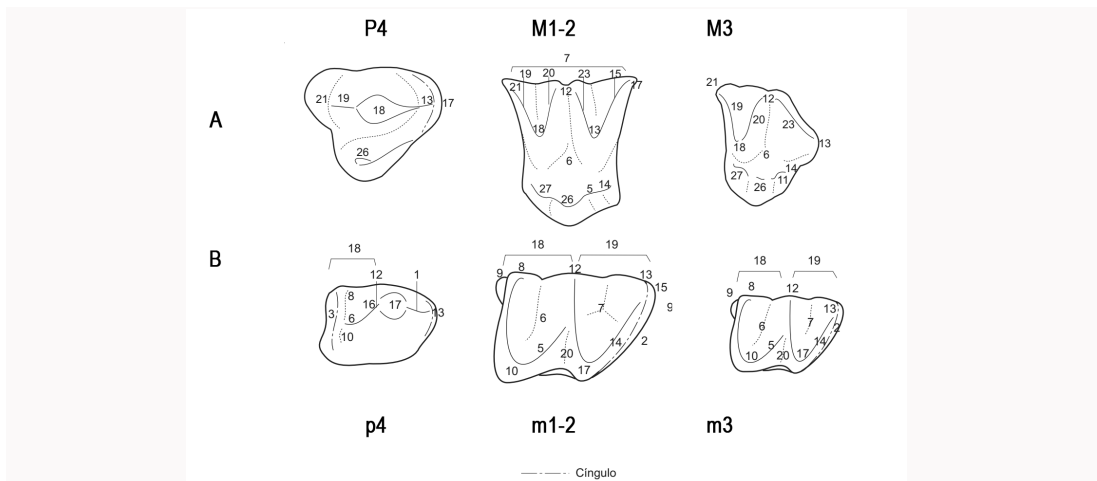


Figura 26. Nomenclatura utilizada en la descripción de las piezas dentales de Talpidae. A) Dentición superior: 5–Cúspide accesoria; 6–Depresión del trigono; 7–Ectolofio; 11–Hipocono; 12–Mesostilo; 13–Metacono; 14–Metacónulo; 15–Metacresta; 17–Metastilo; 18–Paracono; 19–Paracresta; 20–Paramesocresta; 21–Parastilo; 23–Postmesocresta; 26–Protocono; 27–Protocónulo. B) Dentición inferior: 1–Anterocresta; 2–Cíngulo labial; 3–Cíngulo posterior; 5–Cresta oblicua; 6–Depresión del talónido; 7–Depresión del trigónido; 8–Entocónido; 9–Entostílido; 10–Hipocónido; 12–Metacónido; 14–Paralófidio; 15–Parastílido; 16–Posterocresta; 17–Protocónido; 18–Talónido; 19–Trigónido; 20–Valle reentrante labial (modificado de Furió et al., 2007).

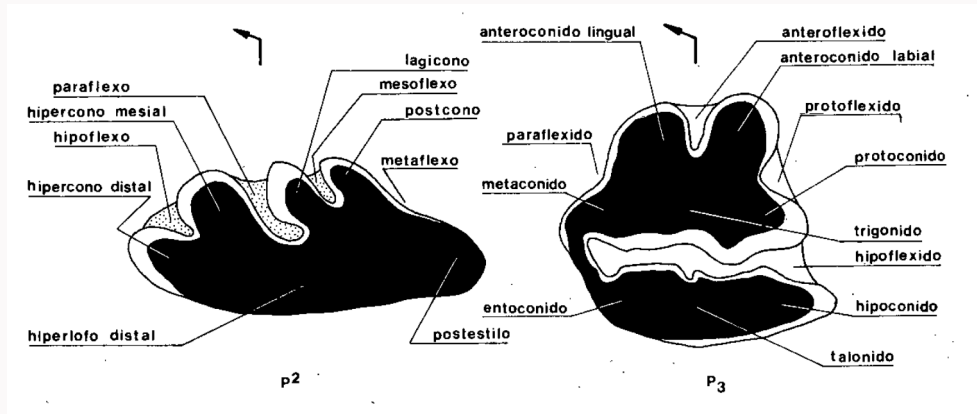


Figura 27. Nomenclatura utilizada en la descripción de las piezas dentales de los lagomorfos (López-martínez, 1980).

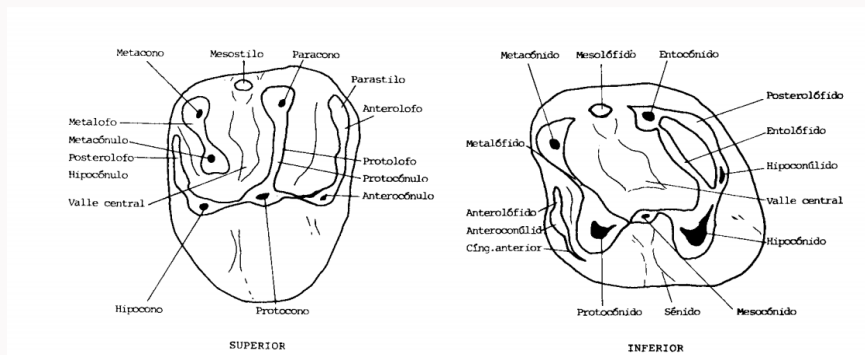


Figura 28. Nomenclatura de los elementos dentales de la Familia Sciuridae (Cuenca-Bescós, 1988).

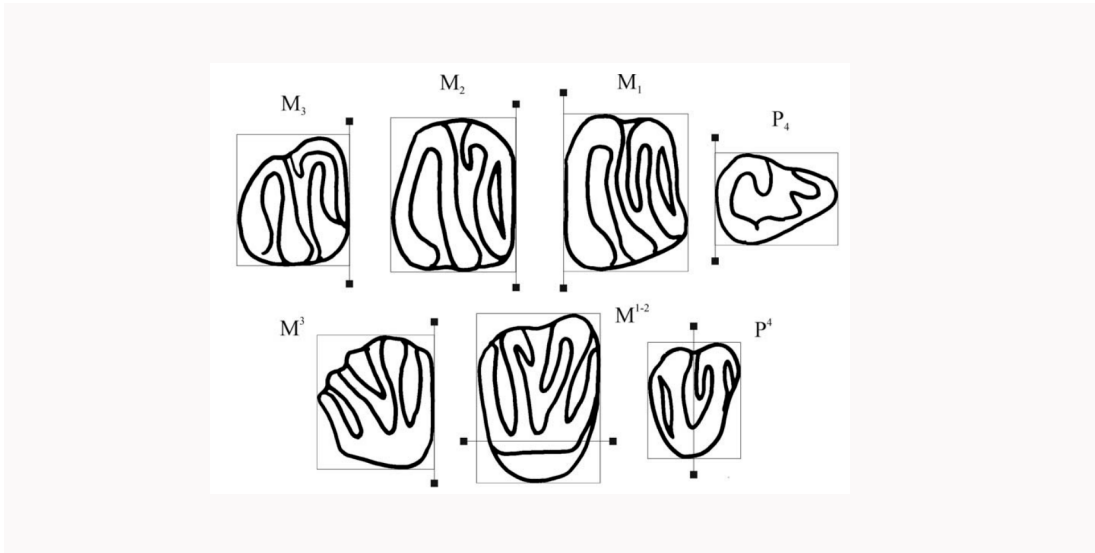


Figura 29. Esquema de medidas de los elementos dentales de la Familia Gliridae (Minwer-Barakat, 2005).

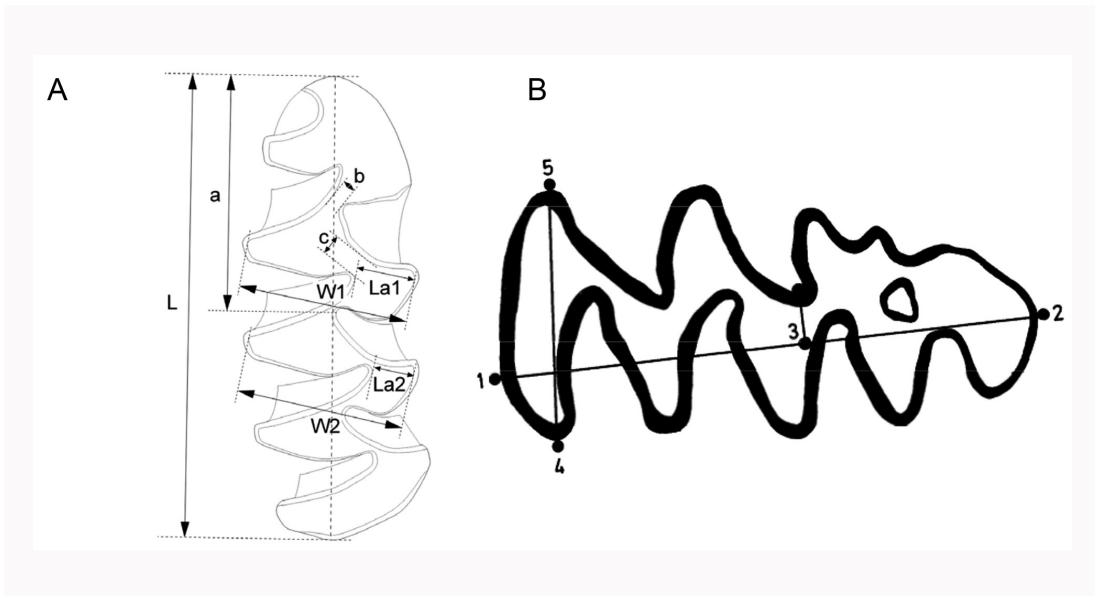


Figura 30. A) Esquema de las medidas utilizado sobre los primeros molares inferiores de la Familia Cricetidae. Las medidas e índices L, W1, a, b, c, A/L, B/W, C/W son las propuestas por van der Meulen (1973), la medida La1 es similar, aunque no idéntica, a la medida La de Cuenca-Bescós et al. (1995) (Laplana et al., 2015). B) Esquema de medidas utilizado sobre todos los elementos dentales a excepción del primer molar inferior de la Familia Cricetidae (Rabeder, 1981).

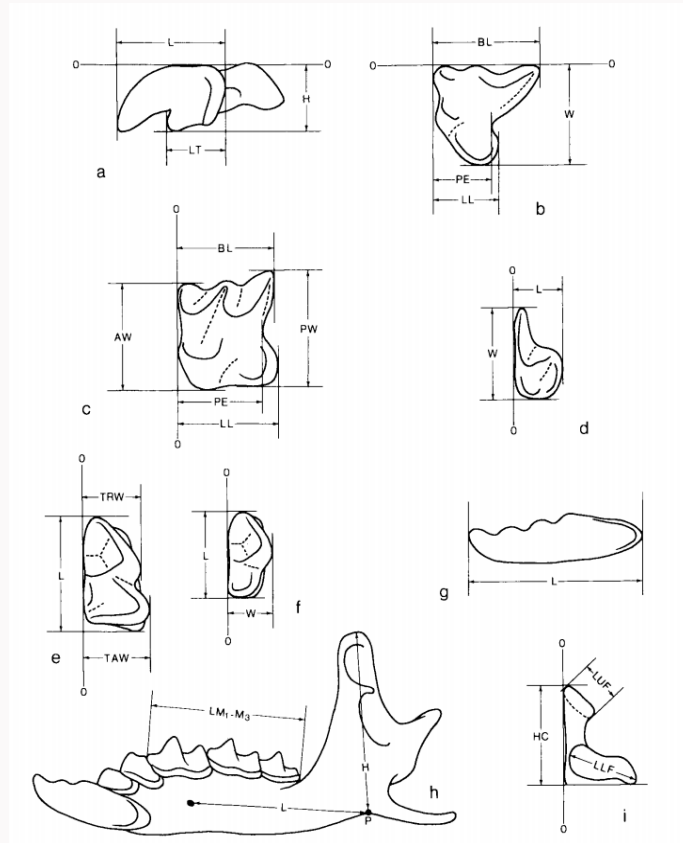


Figura 31. Esquema de medidas tomadas para sorícidos: a) I superior; b) P4, c) M1 y M2, d) M3, e) M1 y M2, f) M3, g) I inferior; h) rama, i) cóndilo. L= longitud, H= *height* (altura), LT= *length of the talon* (longitud del talón), PE= emarginación posterior, LL= longitud lingual, BL= longitud bucal, W= width (anchura), AW= anchura anterior, PW= anchura posterior, TRW= anchura del trigónido, TAW= anchura del talónido, HC= altura del cóndilo, LUF= longitud de la faceta superior condilar, LLF= longitud de la faceta inferior (Reumer, 1984).

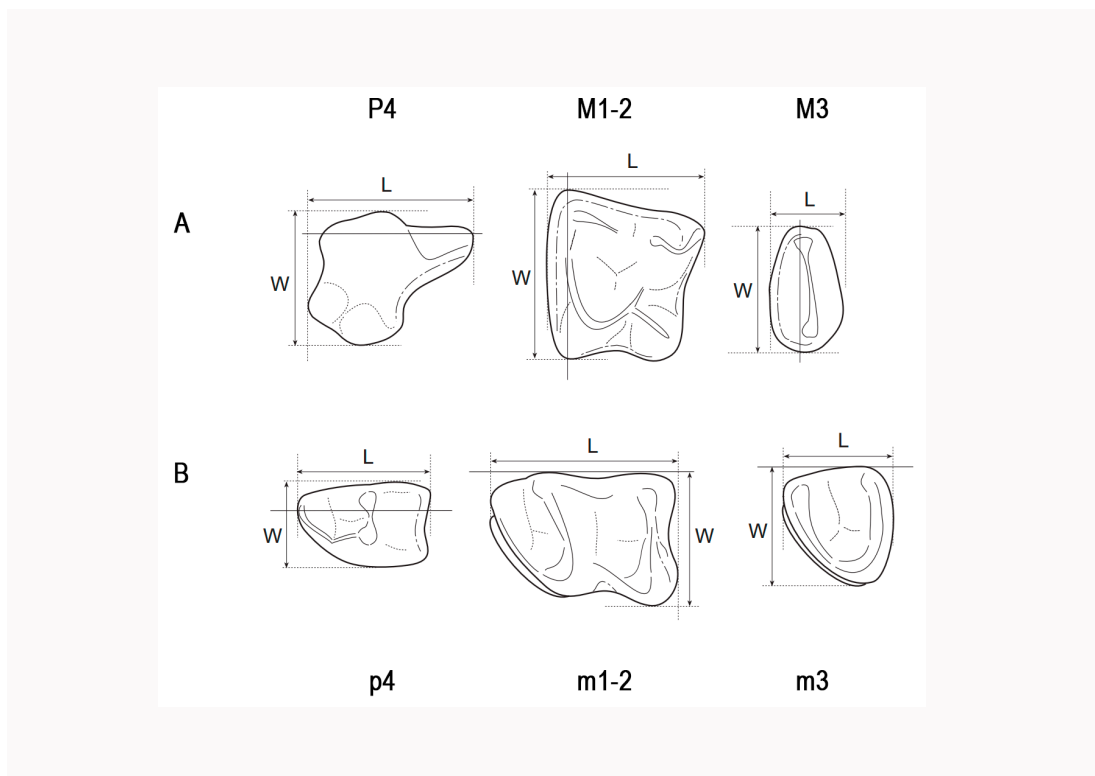


Figura 32. Esquema de medidas de la dentición superior (A) e inferior (B) de los erinaceidos. L=longitud; W=anchura (modificado de Furió, 2007).

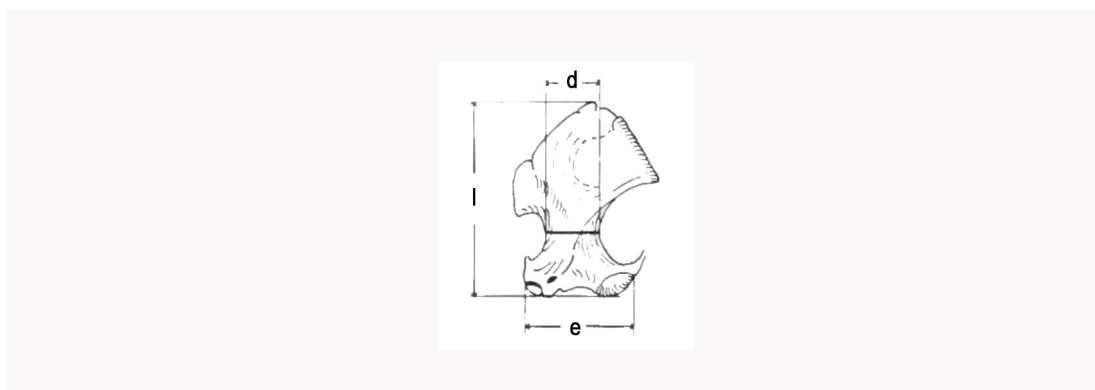


Figura 33. Esquema de medidas del humero de Talpidae: d) anchura de la diáfisis l) longitud, e) anchura de la epífisis (modificado de Koenigswald, 1970).

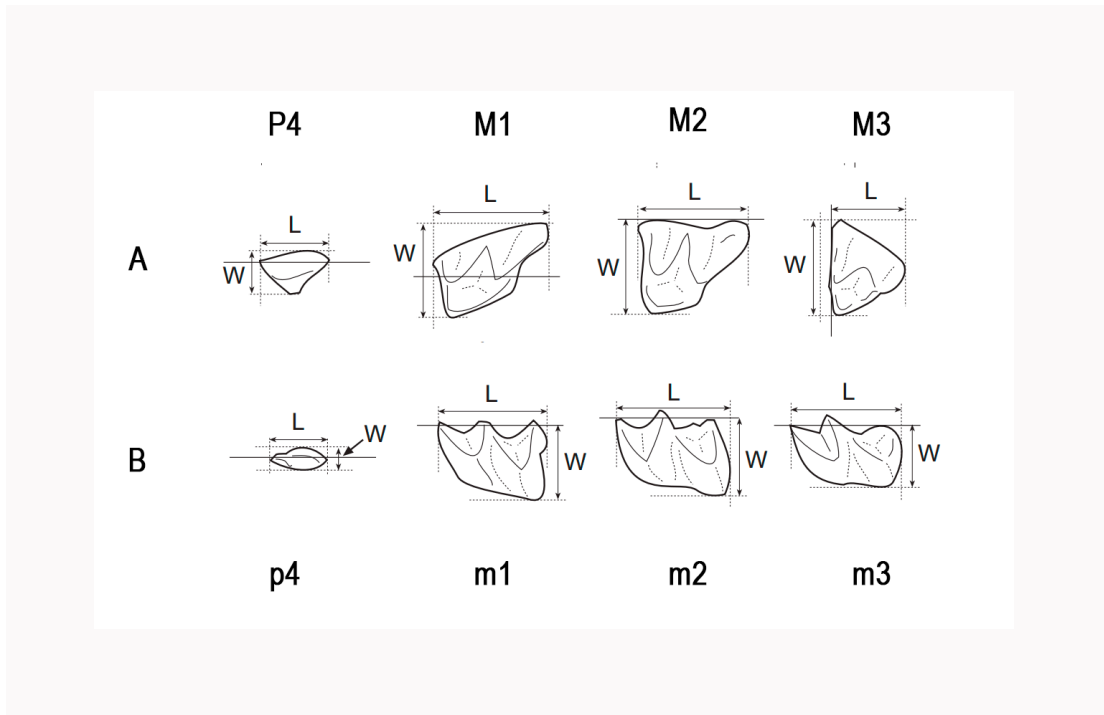


Figura 34. Esquema de medidas de la dentición superior (A) e inferior (B) de los tálpidos. L=longitud; W=anchura (modificado de Furió, 2007).

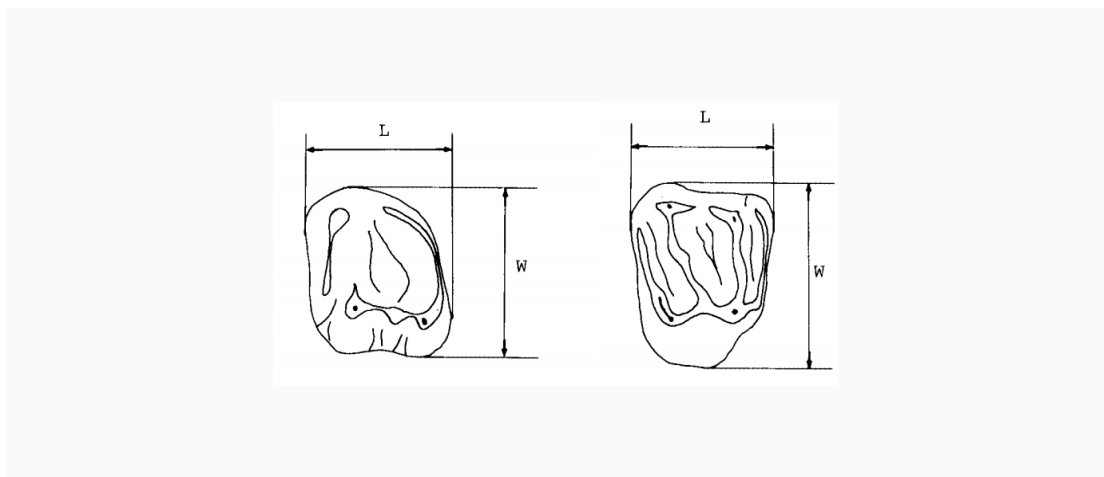


Figura 35. Esquema de medidas de las piezas dentales de los molares de Sciuridae. L=longitud; W=anchura (Cuenca-Bescós, 1988).

4.2.4 – Reconstrucciones paleoclimáticas y paleoambientales

Los métodos de reconstrucción paleoclimática y paleoambiental utilizados en esta Tesis se encuentran descritos en los artículos incluidos en ella. En el capítulo 5 de Resultados que incluye los artículos publicado sobre las Unidaes Xb y V superior (Fagoaga et al., 2018; Fagoaga et al., 2019a) y el apartado inédito del mismo capítulo (Abric del Pastor) se han utilizado los pisos bioclimáticos con la finalidad de caracterizar el piso predominante en el entorno del yacimiento para cada momento estudiado. Como en estos trabajos no se detalla el significado de este término, se realiza aquí una breve descripción del mismo.

Los pisos bioclimáticos se definen como “cada uno de los tipos o espacios termoclimáticos que se suceden en una cliserie altitudinal o latitudinal” (Rivas–Martínez, 1981, 1987), y se basan en la zonación altitudinal o latitudinal, es decir, la existencia de variaciones en el clima y en la vegetación generadas por la variación en

altitud o latitud. En la práctica, estos pisos se entienden como unidades delimitadas en función de aquellas comunidades vegetales de un ecosistema (fitocenosis) que presentan correlaciones con determinados intervalos termoclimáticos (Rivas–Martínez, 1987). En la península ibérica se han definido cuatro pisos bioclimáticos para la región Eurosiberiana y cinco para la región Mediterránea, caracterizados por una serie de parámetros ligados a la temperatura y la precipitación (Figura 36, tabla 2).

A partir de la asociación faunística de cada nivel, se identificó su homóloga en la actualidad y se extrajo los porcentajes de representación de cada piso bioclimático con la finalidad de caracterizar el espacio termoclimático correspondiente a cada momento estudiado del yacimiento. Este proceso se realizó mediante el uso de ArcGis 10.3, la cartografía digital (shp) del Mapa de Series de Vegetación de Rivas Martínez (1987) disponible en la web del Ministerio para la Transición Ecológica y la distribución de las especies en la actualidad del Atlas de los mamíferos terrestres de España (Palomo et al., 2007).

Región Eurosiberiana	T	m	M	It	H
Alpino	< 3°C	< -8°C	< 0°C	< -50°C	I–XII
Subalpino	3 a 6°C	-4 a -8°C	0 a 3°C	-50 a 50°C	I–XII
Montano	6 a 10°C	-4 a 0°C	3 a 8°C	50 a 180°C	IX–VI
Colino	> 10°C	> 0°C	> 8°C	> 180°C	X–V
Región Mediterránea	T	m	M	It	H
Crioromediterránea	< 4°C	< -7°C	< 0°C	< 30°C	I–XII
Oromediterránea	4 a 8°C	-7 a -4°C	0 a 2°C	-20 a 60°C	I–XII
Supramediterránea	8 a 13°C	-4 a -1°C	2 a 9°C	60 a 210°C	IX–VI
Mesomediterránea	13 a 17°C	-1 a 4°C	9 a 14°C	210 a 350°C	X–IV
Termomediterránea	17 a 19°C	4 a 10°C	14 a 18°C	350 a 470°C	XII–II

Tabla 2. Valores de las temperaturas y meses con heladas de los pisos bioclimáticos de la península ibérica según Rivas–Martínez (1987). T: temperatura media anual; m: temperatura media mínima del mes más frío; M: temperatura media máxima del mes más frío; It: índice de termicidad [It= (T + m + M) 10]; H: meses en los que existe estadísticamente riesgo de heladas; H: heladas.

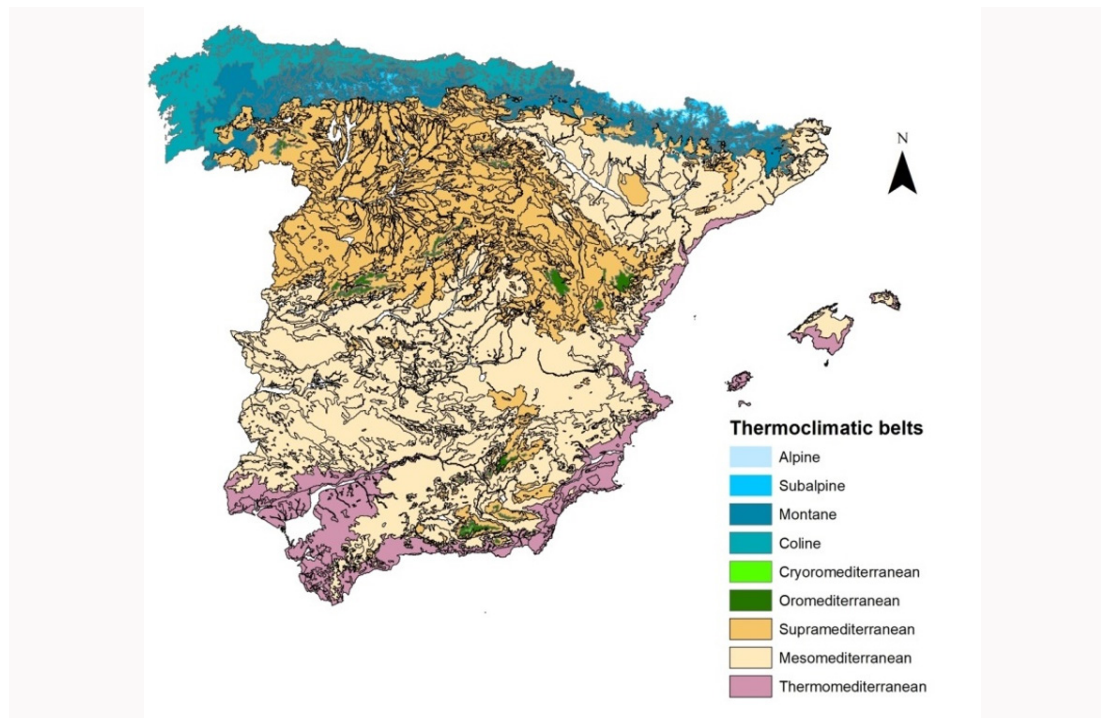


Figura 36. Distribución de los pisos bioclimáticos (*Thermoclimatic belts*) en España (a partir de Rivas Martínez, 1987). Escala 1:300.000.

Región	Eurosiberiana	P (mm)
	Sub-húmedo	500–900
	Húmedo	900–1400
	Hiper-húmedo	> 1400
Región	Mediterránea	P (mm)
	Árido	< 200
	Semiárido	200–350
	Seco	350–600
	Sub-húmedo	600–1000
	Húmedo	1000–1600
	Hiper-húmedo	> 1600

Tabla 3. Ombroclimas registrados en la península ibérica con indicación de los rangos de precipitación que caracterizan a cada uno de los subtipos descritos (según Rivas-Martínez, 1987).

El método utilizado para la reconstrucción ambiental fue el de la ponderación de hábitats (*Habitat Weighting method*) (Whittaker, 1948; Rowe, 1956; Gauch, 1989). A partir de los hábitats ocupados por los representantes actuales de las especies fósiles, se establecen unos tipos de hábitats, y se pondera en qué medida una especie muestra preferencias por uno u otro tipo de hábitat adjudicando distintas puntuaciones para cada medio en forma de porcentaje o sobre un máximo de 1. El NMI de cada especie multiplica cada puntuación de cada hábitat generando las proporciones de cada hábitat del ecosistema circundante al yacimiento. Los hábitats utilizados son cinco (de acuerdo con Cuenca-Bescós et al., 2005; Blain et al., 2008; López García et al., 2010): praderas secas (Ps; praderas sometidas a cambio

estacional), praderas húmedas (Ph; praderas con cobertera siempre verde y densa), bosque (B; zonas de bosque maduro junto con áreas marginales de cobertera arbórea más abierta, o parches de bosque), roquedal (R; zonas de sustrato rocoso o pedregoso) y agua (A; masas de agua superficial y zonas alledañas) (Tabla 4). Este método utiliza los requerimientos de las especies actuales, es decir, se basa en la aplicación del actualismo. Únicamente han sido incluidos en este análisis aquellas especies obtenidas a partir de muestras completas donde todas las fracciones pudieron ser revisadas. Para más detalles consultar los artículos del anexo.

Para el análisis del paleoambiente en el caso del Abric del Pastor se recurrió a un nuevo hábitat, los bosques abiertos (*Open Woodlands*, OW) (Tabla 5).

Para la reconstrucción paleoclimática se recurrió al método del rango ecogeográfico común (*Mutual Ecogeographic Range method*) (MER) (Blain et al., 2009), que se basa en identificar las áreas actuales en las que existe la asociación de especies identificada en el yacimiento, con la finalidad de extrapolar la media de los parámetros climáticos actuales en dichas áreas al momento de formación de la Unidad estudiada. La información sobre la distribución actual de las especies identificadas en el yacimiento procede del Atlas y Libro Rojo de los mamíferos terrestres de España (Palomo et al., 2007) codificada en cuadrículas de 10 × 10 km, mientras que la información climática proviene de la colección de capas climáticas de WorldClim (Versión 1.4.) en formato ráster, con una resolución de 0,82 km². El análisis fue llevado a cabo en el

TAXONES	HÁBITAT				
	Pradera seca	Pradera húmeda	Bosque	Roquedo	Agua
Insectívoros					
<i>Erinaceus europaeus</i>	0	0	1	0	0
<i>Sorex</i> sp.	0	0,75	0,25	0	0
<i>Crocidura</i> sp.	0,5	0	0,5	0	0
Talpidae indet.	0	0,6	0	0	0,4
<i>Talpa occidentalis</i>	0	0,5	0,5	0	0
Roedores					
<i>Arvicola sapidus</i>	0	0	0	0	1
<i>Microtus arvalis</i>	0,5	0	0,5	0	0
<i>Microtus agrestis</i>	0	0,5	0,5	0	0
<i>Microtus cabreræ</i>	0	0,5	0,5	0	0
<i>M. duodecimcostatus</i>	0	0,5	0,5	0	0
<i>Apodemus sylvaticus</i>	0	0	1	0	0
<i>Eliomys quercinus</i>	0	0	0,5	0,5	0
Lagomorfos					
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	0,8	0,2	0	0	0

Tabla 4. Puntuaciones para cada especie identificada en el yacimiento de El Salt para cada hábitat establecido en el método de la ponderación de los hábitats (Whittaker, 1948, Rowe, 1956 y Gauch, 1989; López-García et al., 2010) según preferencias actuales (Palomo et al., 2007).

TAXONES	HÁBITAT					
	Pradera seca	Pradera húmeda	Bosque abierto	Bosque	Roquedo	Agua
<i>Microtus cabrerae</i>	0	0,5	0,5	0	0	0
<i>Eliomys quercinus</i>	0	0,1	0,4	0,3	0,2	0
<i>Apodemus sylvaticus</i>	0	0,25	0,5	0,25	0	0
<i>Crocidura sp.</i>	0,4	0,1	0,4	0,1	0	0

Tabla 5. Puntuaciones para cada especie identificada en el yacimiento del Abric del Pastor para cada hábitat establecido en el método de la ponderación de los hábitats (Whittaker, 1948; Rowe, 1956; Gauch, 1989; López-García et al., 2010) según preferencias actuales (Palomo et al., 2007).

programa ArcGis 10.3 (ESRI, 2014). Esta metodología fue aplicada a las Unidades Xb (Fagoaga et al., 2018) y V superior de El Salt (Fagoaga et al., 2019a) y a la Unidad IVd del Abric del Pastor (Connolly et al., *in press*). Posteriormente se desarrolló una modificación del método de reconstrucción climática MER, UDA-ODA *discrimination methodology*, que fue aplicado a las Unidades previamente analizadas (Fagoaga et al., 2019b). Para el Abric del Pastor se presentan los resultados del UDA-ODA *discrimination methodology* en el apartado de “Resultados” de manera inédita. Para esta metodología se incluye la información sobre la distribución de especies contenida en el Atlas de los mamíferos de Portugal (Bencatel et al., 2017).

La finalidad del UDA-ODA *discrimination methodology* radica en determinar la distribución de las especies dentro de las cuadrículas de 10×10 km de manera más exacta y en última instancia, incrementar la precisión de las reconstrucciones climáticas derivadas del MER. Para ello, a partir de los requerimientos ambientales descritos en la literatura para cada especie, las áreas de distribución procedentes de los Atlas se dividen en las Áreas de Distribución Ocupadas (ODA) y las Áreas de Distribución Incierta (UDA). Las ODAs de cada especie identificada en la asociación fósil, es decir, las áreas realmente ocupadas por cada especie, son las que se solapan para identificar aquellas zonas en las que está presente la asociación fósil

en la actualidad, y a partir de las cuales se obtienen los valores climáticos a extrapolar (Fagoaga et al., 2019a).

Para el caso del Abric del Pastor se utilizaron las ODAs de aquellas especies de mamíferos cuya distribución no se encuentra fuertemente afectada por parámetros perturbadores como el impacto antrópico, junto con aquellas distribuciones de especies de reptiles que cumplieran este requisito (Pleguezuelos et al., 2002).

5. Resultados



BLOQUE 1

Palaeoecological implications of Neanderthal occupation at Unit Xb of El Salt (Alcoi, eastern Spain) during MIS 3 using small mammals proxy

Abstract

Nearly 250 small mammal remains from Unit Xb of El Salt Middle Palaeolithic site have been studied in order to reconstruct the palaeoecological conditions during a phase of Neanderthal occupation in this locality at 52.3 ± 4.6 ka. A total of 7 rodents (*Microtus arvalis*, *M. agrestis*, *M. (Terricola) duodecimcostatus*, *Microtus (Iberomys) cabrerae*, *Arvicola sapidus*, *Eliomys quercinus* and *Apodemus sylvaticus*), 4 insectivores (*Erinaceus* cf. *europaeus*, *Crocidura* sp., *Sorex* sp. and *Talpidae* indet.) and 1 lagomorph (*Oryctolagus* cf. *cuniculus*) have been identified. Applying the Mutual Ecogeographic Range and Habitat Weighting methods, Unit Xb may correspond to a relatively cold (3.3 C in comparison with present values) and slightly more humid (+113.3 mm in comparison with present values) period. The environment was mainly composed of open woodlands (58 %) followed by dry (20 %) and humid (14 %) meadows. These results suggest that supramediterranean conditions were present in the surroundings of the site at 52.3 ± 4.6 ka instead of mesomediterranean conditions present today.

Referencia

Fagoaga, A., Ruiz-Sánchez, F.J., Laplana, C., Blain, H.-A., Marquina, R., Marin-Monfort, M.D., Galván, B., 2018. Palaeoecological implications of Neanderthal occupation at Unit Xb of El Salt (Alcoi, eastern Spain) during MIS 3 using small mammals proxy. *Quat. Int.* 481, 101-112. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.10.024>.



1. Introduction

The Late Pleistocene (ca. 126–11.7 ka) is known to have been a period of time marked by numerous climatic, faunistic and cultural changes (Heinrich, 1988; Bond et al., 1997; Cacho et al., 1999; Sánchez-Goñi and d'Errico, 2005; Cuenca-Bescós et al., 2010). The climatic history of the Late Pleistocene has been inferred from a wide range of proxies: deep-sea and lake sediments, ice cores, glacial landforms, coral reefs, ancient groundwater, cave records, loess deposits, fossil pollen and relative sea-level reconstructions (Marshall, 2009 and references therein). Ice cores from Greenland and ocean sediment cores or benthic organisms proxies have revealed that the Late Pleistocene, and more concretely the Last Glacial (Marine Isotope Stages 4, 3 and 2) was characterized by millennial-scale climate oscillations of irregular periodicity (Cacho et al., 2006).

The Greenland ^{18}O -isotopic curve revealed large and abrupt oscillations (Dansgaard-Oeschger events; D-O events) during the last 123,000 years (Dansgaard et al., 1993), among which several cold phases called Heinrich Events (HE) had taken place (Heinrich, 1988). The HE events are characterized by a concentration of Iceberg Rafted Debris as a consequence of an influx of icebergs to the Iberian Atlantic Shores (Cacho et al., 1999; Sánchez-Goñi et al., 2000). Marine Isotope Stage 3 (MIS 3) (ca. 60–30 ka) was a period of maximum variability in forest population (Fletcher et al., 2010), being characterized by a dynamic alternating forest development and expansion of semi-arid areas in accordance with the warming and cooling, respectively, of the sea-surface temperatures (Fletcher and Sánchez-Goñi, 2008). Palaeoecological characterization of that period has been simulated to know the context of the replacement of Neanderthals by the Anatomically Modern Humans (e.g. d'Errico and Sánchez-Goñi, 2003; Bar-Yosef et al., 2006; Mellars, 2006; Mallol et al., 2012).

Knowledge about the ecology of past environments is a prerequisite for understanding human dispersion and extinction (Finlayson et al., 2014). According to Holmes et al. (2010), "Although large-scale reconstructions using, for example, marine sediments provide a valuable environmental context for hominin evolution, they must be complemented by smaller-scale, site-specific environmental investigations from localities closer or where the hominin remains have found". In this sense, small mammals, which currently constitute around 80 % of current and past mammal species richness (Fernández-Jalvo et al., 2016), are tightly linked to environmental variations and have precise ecological requirements (Delany, 1976; Stoddart, 1979), constitute a powerful tool for palaeoclimatic and palaeoenvironmental approaches in archaeological sites (Chaline, 1988; Cuenca-Bescós et al., 2009), especially in rapidly changing periods as the one studied here.

In this work, we carry out a revision and extension of the small mammal preliminary study done at the Unit Xb of El Salt (eastern of Iberian Peninsula) (Fagoaga et al., 2015; Fagoaga Moreno et al., 2015), focusing on the climatic and environmental characterization of a moment with recurrent Neanderthal occupation.

1.1 El Salt

The middle Palaeolithic site of El Salt is located in the municipality of Alcoi (Alicante), at 680 m above sea level and its 6.3 m-thick stratified deposit rests against a 38 m-high Palaeocene limestone wall, formed at a reverse fault and covered with tufa and travertine (Fig. 1a). Since 1986, El Salt has been studied systematically from an interdisciplinary perspective, focused on the first human settlement of this region (Galván et al., 2006; Machado et al., 2011; Sistiaga et al., 2011; Mallol et al., 2013; Garralda et al., 2014; Sistiaga et al., 2014; Rodríguez-Cintas

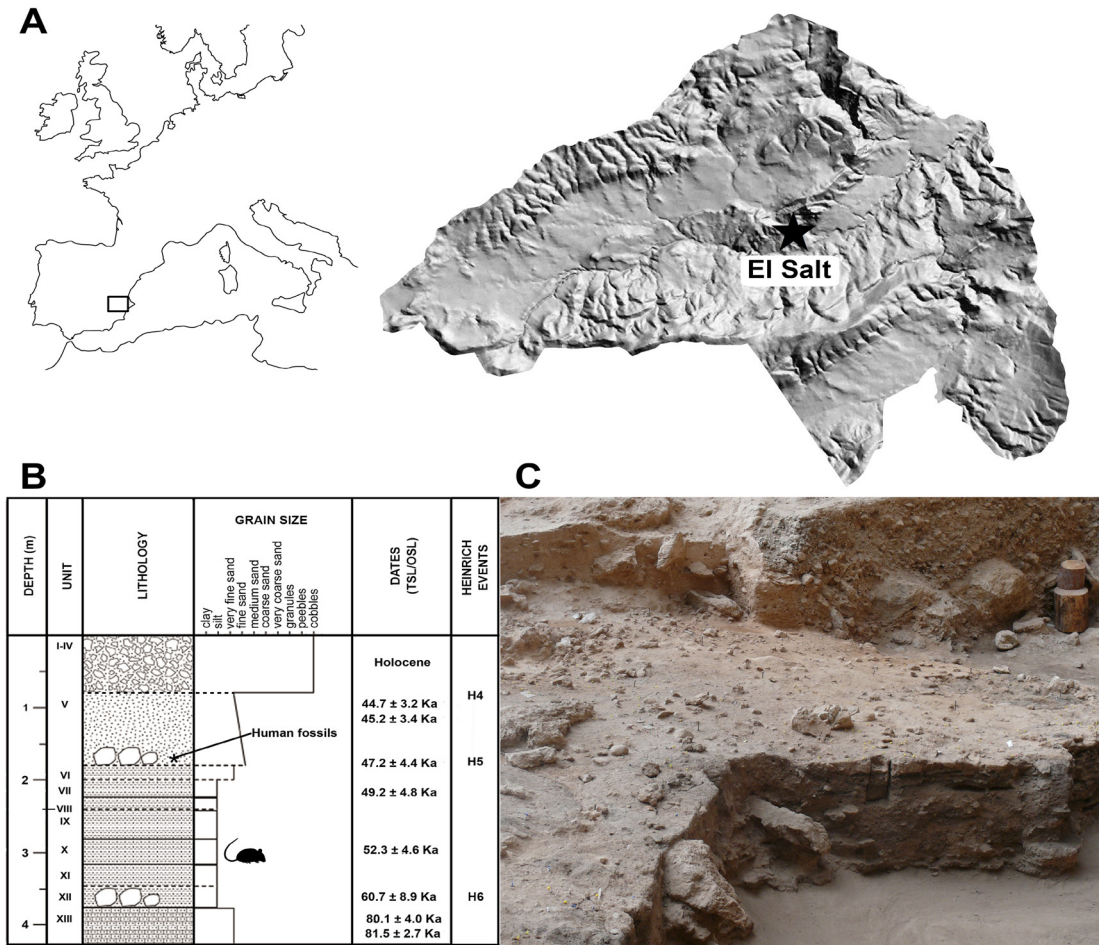


Fig. 1 A) Geographic location of El Salt Middle Palaeolith site in Europe and in the municipality of Alcoi. B) Stratigraphic log showing the lithology, grain size, position of the small mammals studied and human remains, average chronometric dates and Heinrich Events C) Excavation surface of Unit Xb where the small mammals came from and the underlying units until travertine platform (Unit XIII) (modified from Galván et al., 2014a).

and Cabanes, 2015; Machado and Pérez, 2016; Molina, 2016; Vidal-Matutano, 2016; Pérez et al., 2017).

The stratigraphic sequence was divided into 13 lithostratigraphic units (XIII–I) by Fumanal (1994), and can be grouped into five different segments according to their macroscopic textural appearance and

archaeological content (Galván et al., 2014a) (Fig. 1b). From the bottom to the top, Unit XIII consists on a subhorizontal travertine platform archaeologically sterile. On the contrary, horizontally bedded fine sand from the Units XII to IX contains the highest concentration of archaeological remains and combustion features (Fig. 1c). From the Unit VIII to the middle of Unit V it can be seen

a more spatially reduced evidence of human input and its progressive decreasing (Galván et al., 2014b).

At the base of Unit V, a maxilla with six teeth of possibly a Neanderthal juvenile or young adult was recovered (Garralda et al., 2014). According to Galván et al. (2014b), “These specimens could represent an individual from one of the last Neanderthal groups that occupied the site and perhaps the region”. The upper part of Unit V is archaeologically sterile although two small flint blades, a few undifferentiated debitage flakes and a small combustion feature were recovered at the top of the Unit (Garralda et al., 2014). Holocene Units IV to I consist on different levels of gravels in second position and separated by erosive contacts, containing Neolithic pottery and late Upper Palaeolithic, Epipalaeolithic and Mesolithic lithic remains (Fig. 1b) (Galván et al., 2014a).

The small mammal remains analyzed in this study belong to the lower part of the Stratigraphic Unit X (Xb) dated by thermoluminescence methods at 52.3 ± 4.6 ka (Galván et al., 2014b) (Fig. 1b-c). It consists of horizontally bedded dark brown fine sand containing a high presence of combustion features (Sistiaga et al., 2011; Mallol et al., 2013), reaching a total of 61 in the whole Unit X (Galvan et al., 2014a,b). These hearths are placed near the travertine wall and present abundant faunal remains, flint flakes and anthropogenically modified cobbles, forming a dense palimpsest of recurrent human occupations (Fig. 1b). Lithic remains come from siliceous raw materials acquired within a 25 km distance-radius, being Serreta silex the most used in the site gathered from blocks released by erosion of older sediments (Galván et al., 2014b). Among the large mammals, Spanish ibex (*Capra pyrenaica*), red deer (*Cervus elaphus*) and wild horse (*Equus ferus/hydruntinus*) are the most abundant, and exhibit a high quantity of anthropogenic alterations such

as cut-marks, percussion-marks, thermal alteration, etc. Other taxa with this kind of alterations, although less abundant, are aurochs (*Bos primigenius*), wild boar (*Sus scrofa*) and Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*). Other faunal remains without evidence of human manipulation have been recovered, as those belonging to *Rhinocerotidae*, *Panthera pardus*, *Cuon* sp. and *Lynx* sp. (Sanchis et al., 2015; Pérez et al., 2017). A scarce exploitation of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) has been documented in this locality, being these remains mainly deposited by bird raptors and small carnivores (Galván et al., 2014b; Pérez et al., 2015). A preliminary study of small mammals from Unit Xb have documented a faunal list comprising the species *Microtus arvalis*, *Microtus* (*T.*) *duodecimcostatus*, *Microtus* (*I.*) *cabreræ*, *Arvicola sapidus*, *Eliomys quercinus*, *Apodemus sylvaticus*, *Erinaceus europaeus*, *Crocidura* sp., *Sorex* sp., Talpidae indet and *Oryctolagus* cf. *cuniculus* (Fagoaga et al., 2015, Fagoaga Moreno et al., 2015).

2. Material, methods and abbreviations

The small-mammal fossil remains studied in this work consist of isolated dental fragments collected in 2013 excavation campaign at El Salt. The dental remains came from an occupation surface detected during the excavation.

The fossils were processed, sorted and classified using a Leica MS5 binocular microscope. Measurements were taken on a Leica MZ75 binocular microscope, by means of displacement of a mechanical stage, connected to a Sony Magnescale measuring equipment. Photographs were taken with a scanning electron microscope at Central Support Facility for Experimental Research (SCSIE) of the Universitat de València.

Fossils were identified following the anatomical nomenclature and measure methods given by van der Meulen (1973), Rabeder (1981) and Jeannet (2000) for arvicolines, van der Weerd (1976) for murids, Daams (1981) for glirids, Reumer (1984) for soricids and finally Furió (2007) for erinaceids. The taxonomic classification follows the one given by Wilson and Reeder (2005). Within arvicolines, subgeneric classification follows Jaarola et al. (2004).

In order to identify the predator responsible of the accumulation and allowing palaeoecological interpretations of the fossil assemblage (Andrews, 1983, 1990; Andrews and Evans, 1983; Fernandez-Jalvo and Andrews, 1992), a preliminary taphonomical study has been undertaken. Based in the descriptive-systematic method developed by Andrews (1990), Fernández-Jalvo and Andrews (1992) and Fernández-Jalvo et al. (2016), digestion has been analyzed for teeth (molars and incisors) and femurs. Following Andrews (1990) and Fernández-Jalvo et al. (2016), lagomorphs and glirids have been excluded from this analysis.

Abundance of each species was estimated through the minimum number of individuals (MNI). This index was calculated from the most abundant bone or dental element for each species, and taking into account its laterality.

In order to reconstruct the palaeoenvironment at this Unit of El Salt, we used the Habitat Weighting method developed by Whittaker (1948), Rowe (1956) and Gauch (1989). This procedure defines a value, in a range between 0 and 1, for each species in each habitat where it is possible to find it. According to Cuenca-Bescós et al. (2005), the habitats used are: Open dry (OD), meadows under seasonal climate change; Open humid (OH), evergreen meadows with dense pastures and suitable topsoil; Woodland (W), mature forest including woodland margins

and forest patches, with moderate ground cover; Rocky (R), areas with a suitable rocky or stone substratum, and Water (Wa), areas along streams, lakes and ponds. Values have been assigned from the available information at “Atlas y Libro Rojo de mamíferos terrestres de España” (Palomo et al., 2007).

Taxonomic composition of the assemblage allows us to evaluate the climatic conditions that prevailed during the formation of the site (Hernández Fernández and Pelaéz-Campomanes, 2005). To infer those conditions, we have used the Mutual Ecogeographic Range method (MER) (Blain et al., 2009; Blain et al., 2016). This procedure consists in identifying the geographic regions where all the small mammal species identified at the site live nowadays and extrapolate the current mean values of the climatic parameters of the regions inhabited by this set of species as representative climate estimations for the studied site. An assumption that must be taken into account is that the fossil representatives of the extant species had the same climatic tolerances and preferences as their living counterparts. This method suggests avoiding species whose distribution is strongly affected by perturbing parameters as human pressure. Thereby, *Microtus (I.) cabreræ* has been removed from this study because it has suffered a range contraction and many subpopulations are small, fragmented and subject to major inter-annual fluctuations (Laplana and Sevilla, 2013; Pita et al., 2014).

Data on the current distribution of small mammal species in Spain were obtained from Palomo et al. (2007), who recorded the presence or absence of each taxa in this country on a 10 × 10 km UTM square grid. Climate information (MAT, mean annual temperature and MAP, mean annual precipitation) of the UTM squares where the same set of species that were identified at the site are present nowadays were obtained from the World Clim 1.4 database with a 30 arcse-

conds resolution grid (Hijmans et al., 2005). The resulting climate parameters were compared with the current climate data from the nearest weather station to the site (Alcoi).

In order to reconstruct the vegetal landscape and its bioclimatic determinants existing around the site at the time of its formation and to compare it with that existing today, we first characterized the currently existing vegetation series in the areas defined by the mutual distribution range of the species recorded at the site using for this purpose the cartography of vegetation series in the Iberian Peninsula of Rivas–Martínez (1987). Then, we compared the vegetal landscape and bioclimatic indexes that nowadays characterize the surroundings of the site (Alcoi municipality) according to Rivas–Martínez (1987) with those previously obtained for the time of formation of the site.

The abbreviations used in this work are: GI, Greenland Interstadial; gr, belonging to the group; GS, Greenland Stadial; HE, Heinrich Event; L, Length; m, mean of the minimum temperatures of the coldest month; M, mean of the maximum temperatures of the coldest month; Md, Hemimandible; Mx, Maxilla; MAT, Mean Annual Temperature; MAP, Mean Annual Precipitation; MIS, Marine Isotope Stage; SCSIE (UV), Servei Central de Support a la Investigació Experimental de la Universitat de València; W, Width.

3. Results and discussion

3.1 Taphonomic remarks

Implication of predator activity in the accumulation of the fossil remains can be deduced from the proportions of digestion evidence observed in Unit Xb assemblage. Following Andrews (1990), a preliminary study of the taphonomic features from the El Salt material indicate a probable accumulation by a predator from the category

of intermediate or moderate modification. These categories include avian predators such as the Eurasian eagle owl (*Bubo bubo*), the spotted eagle owl (*Bubo africanus*), the tawny owl (*Strix aluco*) and the little owl (*Athene noctua*) and small carnivores like the pine marten (*Martes martes*) and the genet (*Genetta genetta*). However, the percentages and maximum degree of digestion of elements analyzed are more similar to those of little owl assemblages (Andrews, 1990). Therefore, the preliminary taphonomical results point to a predator similar to the little owl; probably not as the only agent but as the main agent implicated in this process. *Athene noctua* is a crepuscular species which lives in mixed habitats and avoids closed woodland (Andrews, 1990). Its generalist trophic habits allow it to be sedentary and that is why its feeding spectra reflects fairly reliable the relative abundance of the prey in the area (Delibes et al., 1984). According to that, palaeoecological interpretations obtained through the Habitat Weighting method, based on the relative abundances of the small mammals hunted by predator here identified could be interpreted as a reliable reflection of the palaeocommunity (Andrews, 1990). A more detailed study is currently carried out and will be soon published.

3.2 Small mammal assemblage

The small mammal sample from the Unit Xb Facies 11 surface 3 at El Salt contains 241 dental remains that correspond to 36 individuals. The faunal list is composed of 7 rodents (*Microtus arvalis*, *M. agrestis*, *M. arvalis-agrestis*, *M. (Terricola) duodecimcostatus*, *M. (Iberomys) cabrae*, *Arvicola sapidus*, *Eliomys quercinus* and *Apodemus sylvaticus*), 4 insectivores (*Erinaceus* cf. *europaeus*, *Crocidura* sp., *Sorex* sp. and *Talpidae* indet.) and 1 lagomorph (*Oryctolagus* cf. *cuniculus*) (Fig. 2).

The studied assemblage is characterized by the dominance of *Apodemus sylvaticus*

(MNI = 12), followed by *M. arvalis-agrestis*, *Microtus arvalis* and *Oryctolagus cf. cuniculus* (MNI = 5), being the remainder species much less abundant (Table 1). Ubiquitous species are dominant in the faunal composition studied, although taxa with Mediterranean requirements (*Microtus I. cabreræ* or *Microtus T. duodecimcostatus*) or with mid-European distribution (*Microtus agrestis* or *Microtus arvalis*) are present.

In the Iberian Peninsula, small mammal associations belonging to the Late Pleistocene are characterized by: 1) a persistence of taxa represented in the assemblages of the latest Middle Pleistocene, 2) the first record, as a consequence of dispersals or evolution, of some current species (e.g. *Microtus I.*

cabreræ) that currently inhabit this territory, and 3) the presence in the Iberian Peninsula of some taxa (like *Apodemus mystacinus*) that are currently distributed in other geographic areas from Europe (Sesé and Sevilla, 1996). The association identified in Unit Xb of El Salt is characteristic of that period, containing both taxa that were present in the Iberian Peninsula from the final part of the Middle Pleistocene (*Apodemus sylvaticus*, *Arvicola sapidus*, *Microtus T. duodecimcostatus*, Talpidae indet. or *Eliomys quercinus*) (Sesé and Sevilla, 1996; Cuenca-Bescós et al., 2010; Agustí et al., 2011) and others that appeared for the first time at the beginning of the Late Pleistocene (*M. I. cabreræ*) (Laplana and Sevilla, 2013). It is interesting to note the presence of *M. agrestis*, a species

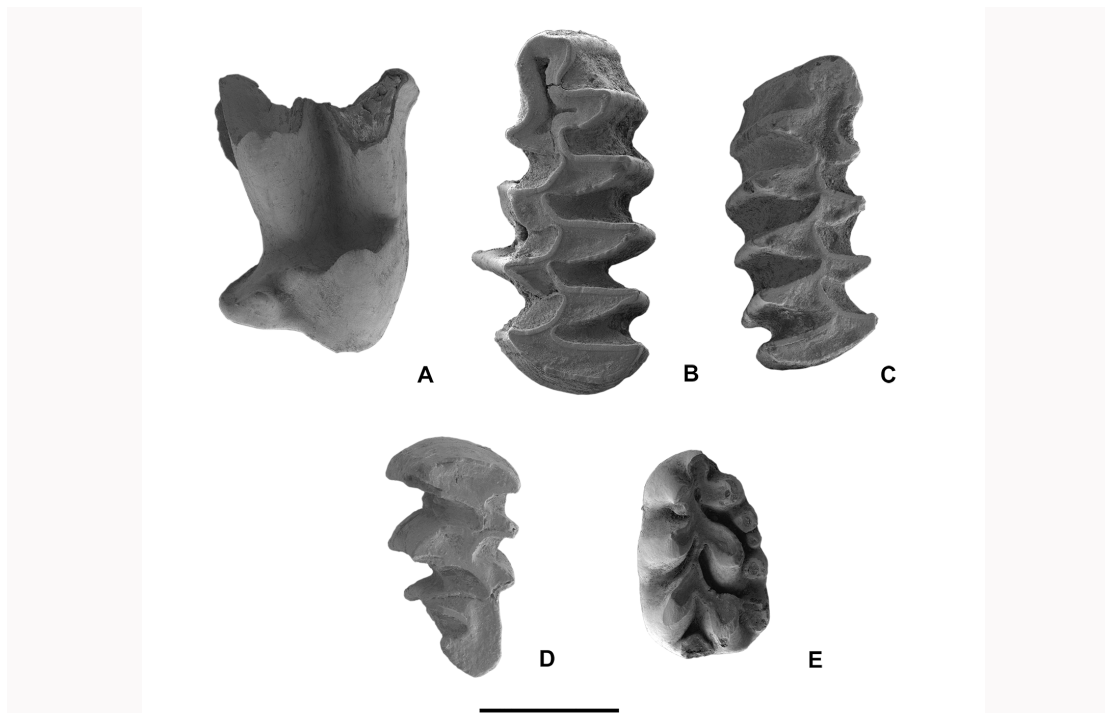


Fig. 2 Small mammal remains provided by Unit Xb facies 11 surface 3. A) right M2 of *Crocidura* sp. (ST-F-11-92), B) left m1 of *Microtus agrestis* (ST-F11-114), C) right m1 of *Microtus arvalis* (ST-F11-10), D) left M3 of *Microtus arvalis* (ST-F11-5), E) right m1 of *Apodemus sylvaticus* (ST-F11-131). Scale bar = 1 mm.

	NISP	MNI	%	Wo	OD	OH	Wa	R
<i>Microtus arvalis</i>	12	5	13.9	0.5	0.5	-	-	-
<i>Microtus agrestis</i>	1	1	2.8	0.5	-	0.5	-	-
<i>Microtus</i> sp. gr. <i>arvalis</i> - <i>agrestis</i>	18	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microtus</i> (<i>I.</i>) <i>cabrerae</i>	10	2	5.6	0.5	-	0.5	-	-
<i>Microtus</i> (<i>T.</i>) <i>duodecimcostatus</i>	9	3	8.3	0.5	-	0.5	-	-
<i>Arvicola sapidus</i>	9	2	5.6	-	-	-	1	-
<i>Eliomys quercinus</i>	13	2	5.6	0.5	-	-	-	0.5
<i>Apodemus sylvaticus</i>	85	12	33.3	1	-	-	-	-
<i>Oryctolagus</i> cf. <i>cuniculus</i>	70	5	13.9	-	0.8	0.2	-	-
<i>Erinaceus europaeus</i>	1	1	2.8	1	-	-	-	-
<i>Crocidura</i> sp.	6	1	2.8	0.5	0.5	-	-	-
<i>Sorex</i> sp.	1	1	2.8	0.25	-	0.75	-	-
Talpidae indet.	1	1	2.8	-	-	0.6	0.4	-
Total	241	42	100					

Table 1. Number of Identified Specimens (NISP), Minimum Number of Individuals (MNI) and percentage (%) of small mammals from Unit Xb of El Salt. Small mammals distribution by habitat; Wo, Woodland/Edgewoodland, OD: Open Dry, OH: Open Humid, Wa: Water and R: Rocky. Dashes of the rows indicate that these taxa could not be classified to habitat level.

whose distribution is currently limited to the northern third of the Iberian Peninsula, and which is absent from the region where the site is located. Its presence in El Salt is probably due to changes in the geographic distribution experienced by many species within the Iberian Peninsula in response to climate changes towards colder conditions during the last glacial cycle (MIS4–MIS2). The available dating (52.3 ± 4.6 ka; Galván et al., 2014b) places Unit Xb at the beginning of the second half of the Late Pleistocene, in agreement with the broader biochronological framework derived from the small mammal assemblage.

The list of species recorded in Unit Xb of El Salt is similar to those from other sites of eastern Iberia from the same period: Abric de la Quebrada (Tormo–Cunyat and Guillem, 2015), Abric Romaní, Cova del Gegant, Teixoneres Cave, l'Arbreda Cave, Canyars (López-García et al., 2014). However, taxa

as *M. gerbei* has been described at l'Arbreda Cave and *Chionomys nivalis* at l'Arbreda Cave and Teixoneres Cave, being absent at the locality here studied. In the same way, the water shrew *Neomys fodiens* has also been described at Teixoneres Cave (López-García et al., 2014), being absent in El Salt. Differences in the small mammal assemblages among these sites are probably related to the ecological and/or biogeographical contexts prevailing in each one of them, or to a bias produced by the size of the sample on each site. In this sense, it is worth noting that Abric Romaní and l'Arbreda Cave are the sites that include bigger samples (Burjachs et al., 2012; López-García et al., 2015), and some species that are recorded at these sites but in low proportions are absent in the remainder sites.

3.3 Palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction

3.3.1 Palaeoenvironment

On the basis of the presence of *Apodemus sylvaticus*, *Erinaceus* cf. *europaeus* and *Eliomys quercinus*, the Habitat Weighting method points to a woodland environment (55 %) for Unit Xb of El Salt (Fig. 3). These data also suggest a mixture between woodlands and more open environments such as dry meadows (19 %) (inferred from the presence of lagomorph *Oryctolagus* cf. *cuniculus*) and humid meadows (15 %) (inferred from the species *M. (T.) duodecimcostatus*, *M. (I.) cabreræ* and *M. agrestis*). These species, associated with open environments, represent 34% of the whole assemblage. The presence of species linked to rocky (3 %) or water (8 %) environments have a low representation in the sample, suggesting the existence of stable watercourses in the surroundings of the site (Fig. 3a). Comparing with other archaeological sites with a similar chronological context (Abric Romaní, l'Arbreda Cave, Canyars, Teixonerres, Cova dels Xaragalls, Cova del Gegant and Goram's Cave), palaeoenvironmental data are in consonance with the results here obtained. Landscape during that moment was dominated by open-forest formations (López-García et al., 2008, 2012a, 2012b, 2014, 2015; González-Sampérez et al., 2010) (Fig. 3).

In the same way, results from the study of the macrofauna at the Unit Xb suggests that big prey identified at the Unit Xb were contributed by Neanderthals from the same type of habitats where the small mammals came from: *Capra pyrenaica* from rocky, *Cervus elaphus* from open woodlands and meadows and finally, *Equus ferus* from meadows (Pérez et al., 2016). Moreover, n-alkanes analyzed in Unit X also show an important representation of grasslands (Galván et al., 2014b), matching with the values (34 %) obtained in this work.

Regarding to the probable predator responsible for the accumulation, *Athene noctua* (little owl) is an extremely ubiquitous bird of prey, without very specific habitat requirements, although it avoids dense forests, high humidity environments and high mountain areas. It prefers open spaces and, nowadays, is frequent in dry and irrigated agricultural areas, olive groves, meadows, vineyards and grasslands with scattered trees or buildings and even within parks and urban gardens (Martí and Del Moral, 2003). The environmental preferences of this species match with the palaeoenvironment inferred in this work, where different habitats are represented and open spaces like meadows have an important representation (Fig. 3a).

3.3.1 Palaeoclimate

The bioclimatic variables extracted for the overlapping area where all species inhabit nowadays (MER method) (Fig. 3b), allow us to estimate climatic conditions. In this sense, we obtain a MAT of 10.3 ± 1.1 °C (3.5–13.6 °C), and a MAP of 656.8 ± 136.91 mm (389–1293 mm). These results show a relatively high and low MAT and MAP respectively compared to the current climatic conditions in the surroundings of the site. Nowadays, the MAT for the area of Alcoi is 13.64 ± 0.83 °C, whereas the MAP reaches a value of 543.46 ± 32.29 mm, so the climate during the formation of the Unit Xb of El Salt was colder (-3.34 °C) and wetter ($+113.34$ mm) than today. The presence of Talpidae indet. in Xb from El Salt confirms this feature, as they need humid soils to dig galleries (Palomo et al., 2007).

The palaeoclimatic results obtained in this work points to an analogous scenario as obtained applying the MER method for other sites with a similar chronology (l'Arbreda Cave, Cova del Gegant, Teixonerres, Cova dels Xaragalls and Abric Romaní) (Burjachs et al., 2012; López-García et al., 2012a, 2014, 2015).

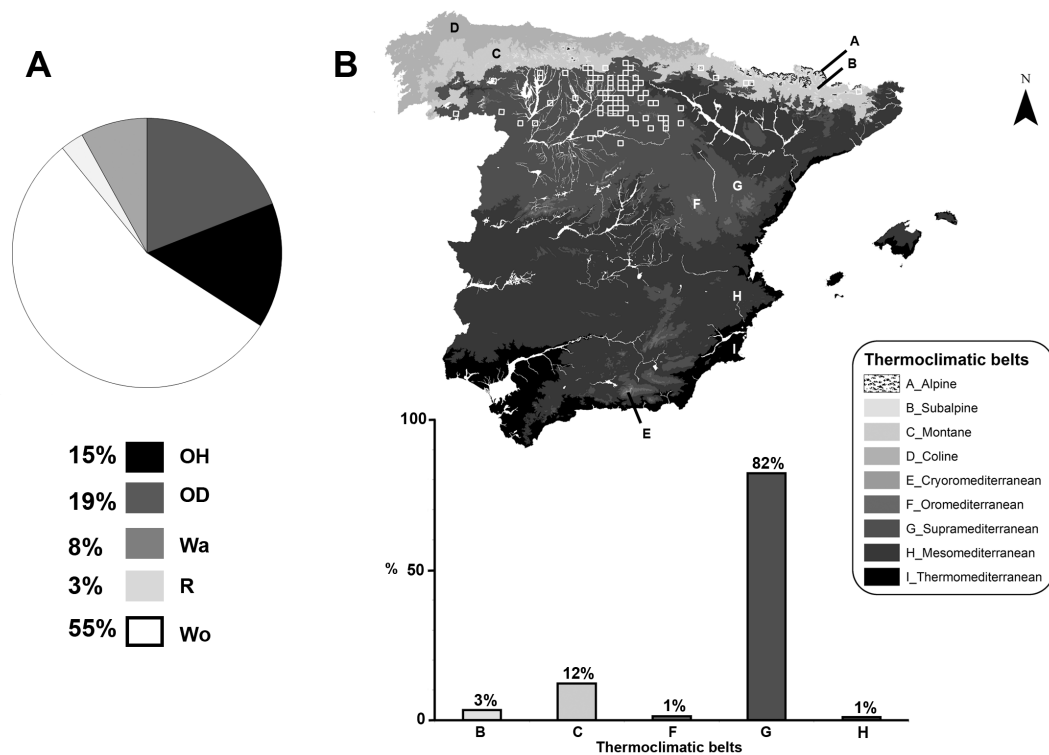


Fig. 3 A) Palaeoenvironmental reconstruction of the surroundings of Unit Xb from El Salt. OH: Open Humid; OD: Open Dry; Wa: Water; R: Rocky; Wo: Woodland. B) Areas where all the species identified at Unit Xb of El Salt live nowadays (white squares) and percentage of thermoclimatic belts (Rivas–Martínez, 1987) represented on that distribution area.

The Abric Romaní (70–40 ka BP) is a classical site with Neanderthal occupations in a rock shelter very similar to El Salt (Carbonell et al., 1996). Results obtained in this latter locality show similar temperatures and precipitations than those obtained for levels E, J, K, L, M, N and O, with chronologies around 45 to 55 ka, specially levels J, K, L, M and N (Greenland Interstadial 16). Deposition of levels J, K, L and M took place along the D–O 14, having been characterized from a palaeoenvironmental point of view as a pine forest with up to 33 % warm temperate taxa (Burjachs et al., 2012) (Fig. 4). Compared to the Unit Xb of El Salt, MAT are remarkably lower for levels E (Greenland Interstadial 12,

less temperate than other interstadials) and O (Greenland Stadial 17), whereas MAP are notably higher for Level O, reaching almost 300 mm more than the value obtained for Unit Xb of El Salt (Table 2).

The Cova dels Xaragalls site is a small open karst system located in the province of Tarragona (Catalunya, northeastern Spain) with two main deposit sequences, one with a Holocene age and the other belonging to the Pleistocene (López–García et al., 2012b) (Fig. 4). This latter sequence contains two units (Unit 1: levels C1, C2, C3 and C4; Unit 2: levels C5, C6, C7 and C8). The levels with a similar chronology are C4 (45.1–48–2 ka),

C5, C6 (>43.5 ka), C7 and C8. Compared to the Unit Xb of El Salt, MAT values from layers C5 and C8 are especially similar but values from layers C4, C6 and C7 are around 2 °C colder (Table 2). C4 has been related to a Heinrich Event by López-García et al. (2012b). For the MAP, our results match more with layer C5 than the layers C4, C6 and C7, whose estimations are around 250 mm higher than those obtained for the Unit Xb of El Salt (Table 2). C5 has been correlated with interstadials 13 or 14 (50–55 ka BP), a temperate phase that has been related to an analogous moment in Abric Romaní (layers M, L, K and J) (López-García et al., 2012b).

Teixoneres Cave, one of the caves belonging to the karstic system called the Toll caves (province of Barcelona), contains at least 15

levels, in which I to IV belong to the Late Pleistocene. Among them, Level II (50–30 ka) is chronologically closer to Unit Xb of El Salt. Compared with Level II from Teixoneres Cave (López-García et al., 2012a) (Fig. 4), our results are quite warmer and drier (Table 2). Level II of Teixoneres has been correlated with Heinrich peaks from H3 to H5 of MIS 3 (López-García et al., 2014).

Another contemporaneous karstic sites are L'Arbreda Cave and Cova del Gegant. Level I from L'Arbreda Cave, with a chronology between 45,840–41,4100 cal BP (López-García et al., 2015), shows considerably lower values of MAT and higher MAP than Unit Xb of El Salt (Table 2), having been assigned by López-García et al. (2015) to the period between interstadials 12 and 10 (Fig. 4).

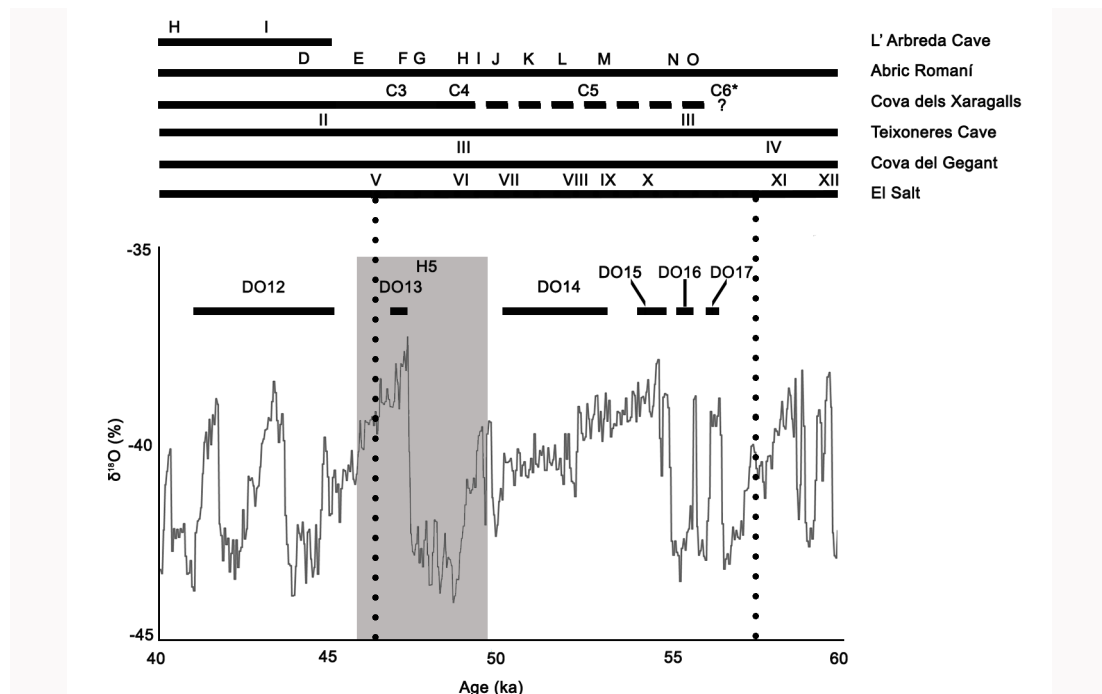


Fig. 4 Approximate correlation between Unit X of El Salt with the NorthGRIP oxygen curve (modified from Andersen et al., 2004) and with levels from other sites with similar chronology (Burjachs et al., 2012; López-García et al., 2012a, 2012b; 2014, 2015). Discontinue lines includes chronologies for the Unit studied.

Lastly, Level IV from Cova del Gegant, with a chronology between 60 ± 3.8 ka (Daura et al., 2010) (Fig. 4) shows a similar MAT and higher MAP (López-García et al., 2014) (Table 2).

3.3.3 Thermoclimatic belts

Regarding the territories of the Iberian Peninsula in which the distribution of the species identified in the Unit Xb of El Salt currently overlap and the cartography of vegetation series of Spain (Rivas-Martínez, 1987), we see that an overwhelming majority of these areas belongs to the supramediterranean stage (MAT: 8 to 13 °C, m: -4 to -1 °C, M 2 to 9 °C). So, during the formation of this unit, supramediterranean would be the stage of vegetation present at the surroundings of the site (Fig. 3b). This result matches with the study of the charcoal remains from different combustion structures of subunit Xb of El Salt in which the vegetation recorded is

indicative of a local landscape characterized by the prevalence of sub-humid supramediterranean conditions (Vidal-Matutano, 2016). According to both disciplines, anthracology and the study of the small mammals, the local landscape at that time in El Salt would be characterized by a prevalence of sub-humid supramediterranean conditions (MAT 8–13 °C and MAP 600–1000 mm). In contrast, the bioclimatic stage clearly dominant nowadays in the region is the mesomediterranean stage (MAT: 13 to 17 °C, m: -1 to 4 °C, M: 9 to 14 °C) (Rivas-Martínez, 1987) (Fig. 5).

The supramediterranean stage represented today in the surroundings of the site is relegated to a restricted area at higher altitude, specifically in the Font Roja Natural Park and nearby zones (Fig. 5). During the formation of Unit Xb, that stage would have reached greater extent and would have occupied lower altitudes than nowadays in that region.

SITE	LEVEL	MAT	MAP	Δ MAT	Δ MAP
Abric Romaní	E	7.8	809	-2.5	+152.2
Abric Romaní	J	9.8	719	-0.5	+62.2
Abric Romaní	K	9.8	719	-0.5	+62.2
Abric Romaní	L	9.8	719	-0.5	+62.2
Abric Romaní	M	9.8	719	-0.5	+62.2
Abric Romaní	N	10.7	734	+0.4	+77.2
Abric Romaní	O	7.8	1009	-2.5	+352.2
Xaragalls	C4	8	925	-2.3	+268.2
Xaragalls	C5	10.36	664	+0.06	+7.2
Xaragalls	C6	8	950	-2.3	+293.2
Xaragalls	C7	8.67	900	-1.6	+243.2
Xaragalls	C8	10.48	729	+0.18	+72.2
Teixoneres	II	7.6	1008	-2.7	+351.2
L'Arbreda Cave	I	6	1500	-4.3	+843.2
Cova del Gegant	IV	10	1009	-0.3	+352.2
El Salt	Xb	10.3	656.8	-	-

Table 2 Values for MAT (°C) and MAP (mm) for the sites Abric Romaní, Cova dels Xaragalls, Teixoneres Cave, l'Arbreda Cave and Cova del Gegant (López-García et al., 2012a,b; 2014, 2015). Δ MAT and Δ MAP show the difference between values from those sites and the studied unit. Also values for Unit Xb of El Salt have been included.

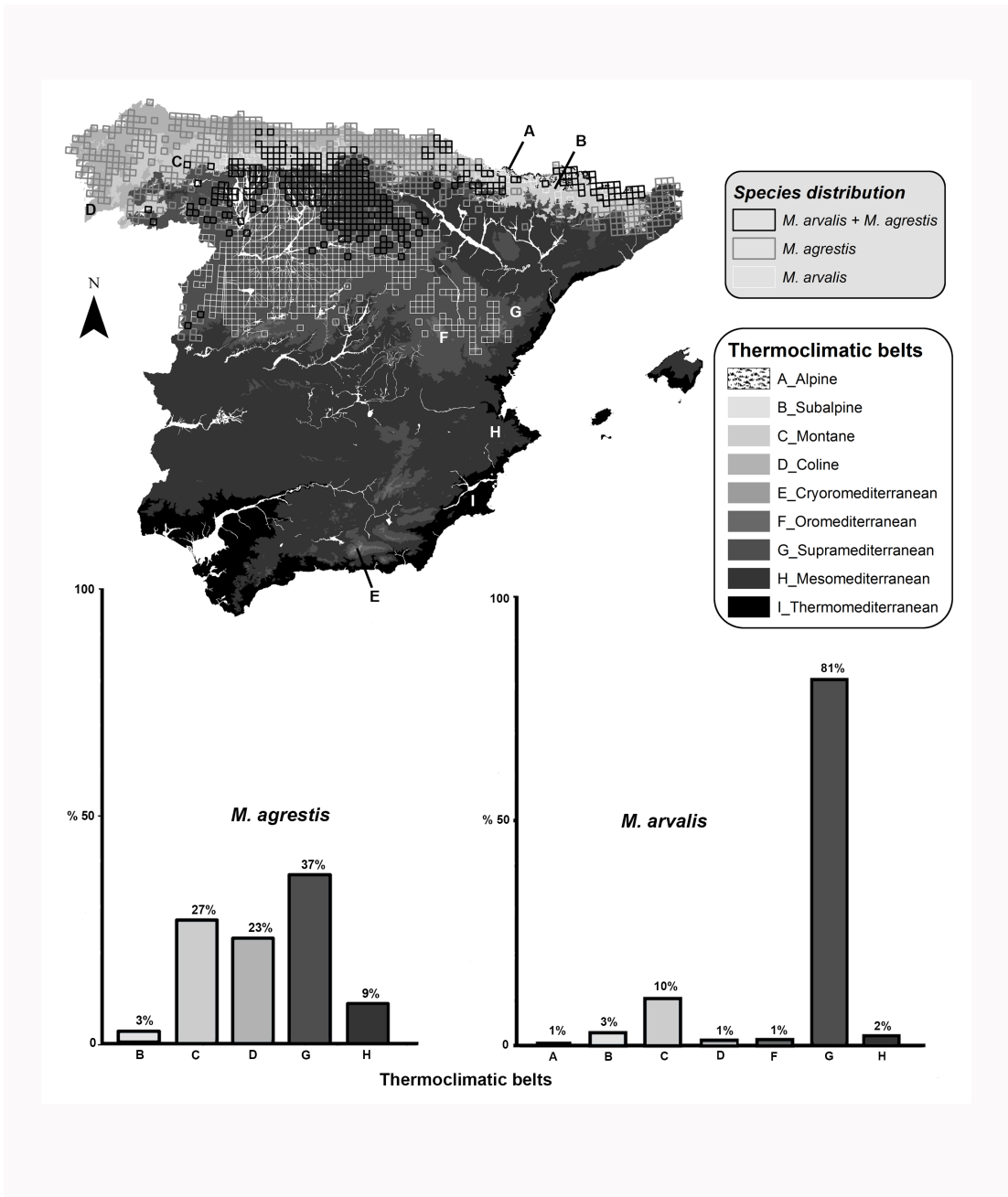


Fig. 6 Percentage of thermoclimatic belts (Rivas-Martínez, 1987) represented at *M. arvalis* and *M. agrestis* current distribution in Spain.

Other charcoal and pollen sequences in the area reveal an important Mediterranean component including evergreen *Quercus*, *Olea*, *Pistacia* and *Myrthus* and the existence of steppe formations next to coniferous woodland during MIS 3 (González-Sampérez et al., 2010, and references therein), which also fits with the habitats interpreted here (Fig. 3a).

A recent study developed in several sites in northeastern Iberia have revealed three dominant species of rodents during the time span between Late Pleistocene and early Holocene (Fernández-García et al., 2016). According to that work, *Apodemus sylvaticus* dominated the area from ca. 128–30 ka and at the Early Holocene, while *Microtus arvalis* and *Microtus agrestis* are the most abundant at the upper part of the Late Pleistocene (ca. 30–11.7 ka). According to previous works developed in the same region (López-García et al., 2012a; López-García et al 2014) throughout the Late Pleistocene, a transition from more forested conditions at the beginning of this period to more open and colder environments in the upper part of the Late Pleistocene have been interpreted in the northeastern Iberia region. In Early Holocene, a new transition is developed, returning the forested and temperate environments (Fernández-García et al., 2016). Giving the dates for Unit Xb of El Salt (53.4 ± 4.6 ka) and the abundance of *A. sylvaticus* and *M. arvalis* and/or *M. agrestis* (*M. arvalis* + *M. agrestis* *M. arvalis-agrestis*), the unit would be deposited when woodlands dominated the landscape and the open environments would be present in a high proportion too.

Current distribution of *M. arvalis* and *M. agrestis* are preferably at supramediterranean belt (Fig. 6), especially in the case of *M. arvalis* (81%). Although *M. agrestis* is distributed in the supramediterranean belt (37%), also is present in montane (27%) and coline (23%) belts (Fig. 6). These belts correspond to higher areas with more extreme climatic

conditions and with particular phytocoenosis. During the formation of the Unit Xb of El Salt, supramediterranean belt would extend to lower altitudes, reaching the surroundings of the El Salt and confirming the presence of open habitats and their characteristic species (Table 1), while at higher areas other belts as coline or montane, would also have representation, including other characteristic species (*Microtus agrestis*) of this belt (Fig. 6).

3.3.4 DO event

The dating for the Unit Xb places its deposition between 47.7 and 56.9 ka (52.3 ± 4.6 ka), which includes H5 and DO 14, 15, 16 and 17. The comparison of the small mammal assemblage and the climatic values inferred through MER method for Unit Xb of El Salt with data coming from other eastern Iberian sites with similar chronologies show that taken together they are more similar to the ones included in DO 14 event (J, K, L and M levels from Abric Romaní and C5 layer from Cova dels Xaragalls). The strong differences observed with other sites correlated with a HE (e.g. C4 level from Cova dels Xaragalls) discard the possibility that the Unit Xb of El Salt was formed simultaneously to one of these coldest events.

4. Conclusions

The review of the preliminary study on the small mammals of Unit Xb of El Salt by Fagoaga et al. (2015) and Fagoaga-Moreno et al. (2015) allows us to draw the following conclusions:

1– The small mammal assemblage is composed by 7 rodent species (*Microtus arvalis*, *M. agrestis*, *M. (T.) duodecimcostatus*, *Microtus (I.) cabreræ*, *Arvicola sapidus*, *Eliomys quercinus* and *Apodemus sylvaticus*), 4 insectivores (*Erinaceus* cf. *europæus*, *Crocidura* sp., *Sorex* sp. and Talpidae indet.)

and 1 lagomorph (*Oryctolagus cf. cuniculus*). The most abundant species are *A. sylvaticus*, *M. arvalis* and *O. cf. cuniculus*.

2- The preliminary taphonomic study of the small mammal remains indicates that the main agent responsible for the concentration was *Athene noctua*, a raptor with a moderate capacity of modification and generalist trophic habits, whose feeding spectra reflects the relative abundance of its prey in the area.

3- The palaeoclimatic context where Neanderthals developed around 52.3 ± 4.6 ka at El Salt was characterized by a MAT of 10.3 ± 1.1 °C and a MAP of 656.8 ± 136.91 mm. The climate would be colder (-3.34 °C) and wetter ($+113.34$ mm) than nowadays. These conditions point to a temperate moment (comparing with the whole MIS 3), coinciding probably with the DO 14.

4- The vegetal landscape existing at that time was mainly composed by woodland, mixed with more open environments as dry and humid meadows. Supramediterranean belt would be the best represented in the vicinity of El Salt, in contrast with present conditions where the Mesomediterranean belt is today the more extended.

Acknowledgements

Research at El Salt are funded by the Spanish Government project HAR2015-68321-P (MINECO), and Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esports from Generalitat Valenciana. This investigation was carried out thanks to the Prometeo Project of the Secretariat for Higher Education, Science, Technology and Innovation from Ecuador. We would like to thank the whole team of El Salt for their effort and dedication during the field excavations and the posterior work during the rest of the year. We also thank the Alcoi Archaeological Museum and the Town Hall of Alcoi for their support and the anonymous reviewers who helped improve the paper.

References

- Hernández Fernández, M., Peláez-Campomanes, P., 2005. Quantitative paleoclimatic inference based on terrestrial mammal faunas. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 14, 39–56. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2004.00125.x>.
- Agustí, J., Santos-Cubedo, A., Furió, M., De Marfà, R., Blain, H.-A., Oms, O., Sevilla, P., 2011. The late Neogene–early Quaternary small vertebrate succession from the Almenara-Casablanca karst complex (Castellon, Eastern Spain): chronologic and paleoclimatic context. *Quat. Int.* 243, 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.11.016>.
- Andersen, K.K., Azuma, N., Barnola, J.M., Bigler, M., Biscaye, P., Caillon, N., Chappellaz, J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Fischer, H., Flückiger, J., Fritzsche, D., Fujii, Y., Goto-Azuma, K., Grönvold, K., Gundestrup, N.S., Hansson, M., Huber, C., Hvidberg, C.S., Johnsen, S.J., Jonsell, U., Jouzel, J., Kipfstuhl, S., Landais, A., Leuenberger, M., Lorrain, R., Masson-Delmotte, V., Miller, H., Motoyama, H., Narita, H., Popp, T., Rasmussen, S.O., Raynaud, D., Rothlisberger, R., Ruth, U., Samyn, D., Schwander, J., Shoji, H., Siggard-Andersen, M.-L., Steffensen, J.P., Stocker, T., Sveinbjørnsdóttir, A.E., Svensson, A., Takata, M., Tison, J.-L., Thorsteinsson, Th., Watanabe, O., Wilhelms, F., White, J.W.C., 2004. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* 431 (7005), 147–151.
- Andrews, P., 1983. Small mammal faunal diversity at Olduvai Gorge, Tanzania. *Animals Archaeol.* 1, 77–85.
- Andrews, P., 1990. *Owls, Caves and Fossils*. Natural History Museum Publications, London.
- Andrews, P., Evans, E.N., 1983. Small mammal bone accumulations produced by mammalian carnivores. *Paleobiology* 9, 289–307.
- Bar-Yosef, O., Belfer-Cohen, A., Adler, D.S., 2006. The implications of the Middle–Upper Paleolithic chronological boundary in the Caucasus to Eurasian prehistory. *Anthropologie* 44, 49–60.
- Blain, H.-A., Bailon, S., Cuenca-Bescós, G.,

- Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2009. Long-term climate record inferred from Early-Middle Pleistocene amphibian and squamate reptile assemblages at the Gran Dolina cave, Atapuerca, Spain. *J. Hum. Evol.* 56, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.08.020>.
- Blain, H.-A., Lozano-Fernández, I., Agustí, J., Bailon, S., Menéndez, L.G., Espígares, P.O.M., Ros-Montoya, S., Jiménez, J.M.A., Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Sala, R., 2016. Redefining upon the climatic background of the early Pleistocene hominid settlement in western Europe: barranco leon and fuente Nueva-3 (Guadix-Baza basin, SE Spain). *Quat. Sci. Rev.* 144, 132–144. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.05.02>.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I., Bonani, G., 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science* 278, 1257–1266. <https://doi.org/10.1126/science.278.5341.1257>.
- Burjachs, F., López-García, J.M., Allué, E., Blain, H.A., Rivals, F., Bennàsar, M., Expósito, I., 2012. Palaeoecology of Neanderthals during dansgaard-oeschger cycles in northeastern Iberia (abric Romaní): from regional to global scale. *Quat. Int.* 247, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.01.035>.
- Cacho, I., Grimalt, O.J., Pelejero, C., Canals, M., Sierro, F.J., Flores, J.A., Shackleton, N., 1999. Dansgaard-oeschger and Heinrich event imprints in alboran sea paleotemperatures. *Paleoceanography* 14, 698–705.
- Cacho, I., Shackleton, N., Elderfield, H., Sierro, F.J., Grimalt, J.O., 2006. Glacial rapid variability in deep-water temperature and $\delta^{18}O$ from the Western Mediterranean Sea. *Quat. Sci. Rev.* 25, 3294–3311. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.10.004>.
- Carbonell, E., Cebrià, A., Rosell, J., Sala, R., Vaquero, M., 1996. Els conjunts III i IV de l'abric Romaní de Capellades (Campanyes 1988–1994). Una seqüència d'ocupacions del paleolític mitjà. *Trib. d'Arqueologia* 1994e1995, 27–38.
- Chaline, J., 1988. Paleocronometres, paleotermometres i paleoindicadors dels entorns prehistòrics, els rosegadors irremplaçables. *Cota zero* 4, 61–64.
- Cuenca-Bescós, G., Rofes, J., García-Pimienta, J.C., 2005. Early Europeans and environmental change across the Early-Middle Pleistocene transition: small mammalian evidence from Trinchera Dolina cave, Atapuerca, Spain. In: Head, M.J., Gibbard, P.L. (Eds.), *Early-middle Pleistocene Transitions: the Landocian Evidence*, vol. 247. Geological Society of London, Special Publications, London, pp. 277–286.
- Cuenca-Bescós, G., Strauss, L.G., González Morales, M.R., García Pimienta, J.C., 2009. The reconstruction of past environments through small mammals: from the mousterian to the bronze age in el miron cave (cantabria, Spain). *J. Archaeol. Sci.* 36, 947–955. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.09.025>.
- Cuenca-Bescós, G., Rofes, J., López-García, J.M., Blain, H.-A., de Marfà, R.J., Galindo-Pellicena, M.A., Benàssar-Serra, M.L., Melero-Rubio, M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2010. Biochronology of Spanish Quaternary smallvertebrate faunas. *Quat. Int.* 212, 109–119. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.06.007>.
- Daams, R., 1981. The dental pattern of the dormice *Dryomys*, *Myomimus*, *Microdryomys* and *Peridyromys*, vol. 3. Utrecht micropaleontological bulletins. Special Publications, pp. 1–115.
- Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjörnsdóttir, A.E., Jouzel, J., Bond, G., 1993. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature* 364, 218–220.
- Daura, J., Sanz, M., Pike, A.W.G., Zilhão, J., Subira, M.E., Fornos, J.J., Fullola, J.M., Julià, R., 2010. Stratigraphic context and direct dating of the Neanderthal mandible from Cova del Gegant. *J. Hum. Evol.* 59, 109–122. [Doi: 10.1016/j.jhevol.2010.04.009](https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2010.04.009).
- Delany, M.J., 1976. *The Ecology of Small Mammals*. Edward Arnold, London.
- Delibes, M., Brunet-Lecomte, P., Mániz, M., 1984. Datos sobre la alimentación de la lechuza común (*Tyto alba*), el buho chico (*Asio otus*)

- y el mochuelo (*Athene noctua*) en una misma localidad de Castilla la Vieja. *Ardeola* 30, 57–63.
- d'Errico, F., Sánchez-Goñi, M.F., 2003. Neanderthal extinction and the millennial scale climatic variability of OIS 3. *Quat. Sci. Rev.* 22, 769–788. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(03\)00009-X](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(03)00009-X).
- Fagoaga, A., Ruiz-Sánchez, F.J., Galván, B., Hernández, C., Mallol, C., 2015. El yacimiento del Paleolítico medio de El Salt (Alcoi, Alicante) y sus faunas de microvertebrados: estudio preliminar. In: Sanchis, A., Pascual, J.L. (Eds.), *Preses petites i grups humans en el passat. II Jornades d'Arqueozoològia*. Museu de Prehistòria de València, València, Spain, pp. 209–222.
- Fagoaga Moreno, A., Ruiz-Sánchez, F.J., Laplana Conesa, C., Galván Santos, B., 2015. Aproximación paleoclimática y paleopaisajística durante el MIS 3 a partir del estudio de los micromamíferos del yacimiento de El Salt (Alcoi, Alicante). *Isurus* 8, 18–26.
- Fernández-García, M., López-García, J.M., Lorenzo, C., 2016. Palaeoecological implications of rodents as proxies for the Late Pleistocene–Holocene environmental and climatic changes in northeastern Iberia. *Comptes Rendus Palevol* 15, 707–719. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2015.08.005>.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., 1992. Small mammal taphonomy of Gran dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. *J. Archaeol. Sci.* 19, 407–428.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., Denys, C., Sesé, C., Stoetzel, E., Marin-Monfort, D., Pesquero, D., 2016. Taphonomy for taxonomists: implications of predation in small mammal studies. *Quat. Sci. Rev.* 139, 138–157. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.03.016>.
- Finlayson, C., Blasco, R., Rodríguez-Vidal, J., Giles, F., Gutiérrez, J.M., Jennings, R., Fa, D.A., 2014. Gibraltar excavations with particular reference to Gorham's and Vanguard Caves. In: Sala Ramos, R. (Ed.), *Pleistocene and Holocene Hunter-Gatherers in Iberia and the Gibraltar Strait: the Current Archaeological Record*. Universidad de Burgos and Fundación Atapuerca, pp. 506–514.
- Fletcher, W., Sánchez-Goñi, M.A., 2008. Orbital and sub-orbital scale climate impacts on vegetation of the western Mediterranean basin over the last 48000 years. *Quat. Res.* 70, 451–464. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2008.07.002>.
- Fletcher, W.J., Sánchez Goñi, M.F., Peyron, O., Dormoy, I., 2010. Abrupt climate changes of the last deglaciation detected in a Western Mediterranean forest record. *Clim. Past* 6, 245–264. <https://doi.org/10.5194/cp-6-245-2010>.
- Fumanal, M.P., 1994. El yacimiento musteriense de El Salt (Alcoi, País Valenciano). Rasgos geomorfológicos y climatoestratigrafía de sus registros. *Saguntum-PLAV* 27, 39–55.
- Furió, M., 2007. Los insectívoros (Soricomorpha, Erinaceomorpha, Mammalia) del Neogeno Superior del Levante Ibérico. Ph. D. Thesis. Universitat Autònoma de Barcelona, Spain.
- Galván, B., Hernández, C.M., Francisco, M.I., Rodríguez, A., 2006. Datos para la caracterización del final del Musteriense en los Valles de Alcoi. In: Cabrera, V., Bernaldo de Quirós, F., Maíllo, J.M. (Eds.), *En el Centenario de la Cueva de El Castillo: El Ocaso de los Neandertales*. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), pp. 127–141.
- Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Machado, J., Sistiaga, A., Molina, F.J., Pérez-Luis, L., Afonso, R., Garralda, M.D., Mercier, N., Morales, J.V., Sanchis, A., Tarrío, A., Gómez, J.A., Rodríguez, A., Abreu, I., Vidal, P., 2014a. El Salt. Últimos Neandertales de la montaña alicantina (Alcoi, España). In: Sala, R. (Ed.), *Los cazadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el Estrecho de Gibraltar*, pp. 385–388. Burgos.
- Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Mercier, N., Sistiaga, A., Soler, V., 2014b. New evidence of early neanderthal disappearance in the Iberian peninsula. *J. Hum. Evol.* 75, 16–27.
- Garralda, M.D., Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Gómez, J.A., Maureille, B., 2014. Neanderthals from El Salt (Alcoi, Spain) in the context of the latest middle paleolithic populations from the southeast of the Iberian peninsula. *J. Hum. Evol.* 75, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.02.019>.
- Gauch, H.G., 1989. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University

Press, Cambridge.

- González-Sampériz, P., Leroy, S.A., Carrión, J.S., Fernández, S., García-Antón, M., Gil-García, M.J., Uzquiano, P., Valero-Garcés, B.L., Figueiral, I., 2010. Steppes, savannahs, forests and phytodiversity reservoirs during the Pleistocene in the Iberian Peninsula. *Rev. Palaeobot. Palynology* 162, 427–457. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.03.009>.
- Heinrich, H., 1988. Origin and consequences of cycling ice rafting in the northeast Atlantic ocean during the past 130,000 years. *Quat. Res.* 29, 142–152.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25, 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>.
- Holmes, J.A., Atkinson, T., Darbyshire, D.F., Horne, D.J., Joordens, J., Roberts, M.B., Sinka, K.J., Whittaker, J.E., 2010. Middle Pleistocene climate and hydrological environment at the Boxgrove hominin site (West Sussex, UK) from ostracod records. *Quat. Sci. Rev.* 29, 1515–1527. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.02.024>.
- Jaarola, M., Martinkova, N., Günduz, I., Brunhoff, C., Zima, J., Nadachowski, A., Amori, G., Bulatova, N.S., Chondropoulos, B., Fragedakis-Tsolis, S., Gonzalez Esteban, J., Lopez-Fuster, M.J., Kandaurov, A.S., Kefelioglu, H., Mathias, M.L., Villate, I. y, Searle, J., 2004. Molecular phylogeny of the speciose vole genus *Microtus* (Arvicolinae, Rodentia) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Mol. Phylogenetics Evol.* 33, 647–663. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2004.07.015>.
- Jeannot, M., 2000. Gruta da Figueira Brava: les rongeurs. *Memorias da Academia das Ciências de Lisboa. Cl. Ciências* 38, 179–243.
- Laplana, C., Sevilla, P., 2013. Documenting the biogeographic history of *Microtus cabreræ* through its fossil record. *Mammal. Rev.* 43, 309–332. <https://doi.org/10.1111/mam.12003>.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Cuenca-Bescós, C., Arsuaga, J.L., 2008. Chronological, environmental, and climatic precisions on the Neanderthal site of the Cova del Gegant (Sitges, Barcelona, Spain). *J. Hum. Evol.* 55, 1151–1155. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.08.001>.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Burjachs, F., Ballesteros, A., Allué, E., Cuevas-Ruiz, G.E., Rivals, F., Blasco, R., Morales, J.I., Rodríguez Hidalgo, A., Carbonell, E., Serrat, D., Rosell, J., 2012a. A multidisciplinary approach to reconstructing the chronology and environment of southwestern European Neanderthals: the contribution of Teixoneres cave (Moia, Barcelona, Spain). *Quat. Sci. Rev.* 43, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.04.008>.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Bennàsar, M., Euba, I., Bañuls, S., Bischoff, J., López-Ortega, E., Saladié, P., Uzquiano, P., Vallverdú, J., 2012b. A multiproxy reconstruction of the palaeoenvironment and palaeoclimate of the Late Pleistocene in northeastern Iberia: Cova dels Xaragalls, Vimbodí-Poblet, Paratge Natural de Poblet, Catalonia. *Boreas* 41, 235–249. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2011.00234.x>.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Bennàsar, M., Fernández-García, M., 2014. Environmental and climatic context of Neanderthal occupation in southwestern Europe during MIS3 inferred from the small-vertebrate assemblages. *Quat. Int.* 326–327, 319e328. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.010>.
- López-García, J.M., Soler, N., Maroto, J., Soler, J., Alcalde, G., Galobart, A., Bennàsar, M., Burjachs, F., 2015. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of the latest Pleistocene of L'Arbreda cave (Serinya, Girona, northeastern Iberia) inferred from the small-mammal (insectivore and rodent) assemblages. *Palaeogeography, palaeoclimatology. Palaeoecology* 435, 244–253. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.06.022>.
- Machado, J., Pérez, L., 2016. Temporal frameworks to approach human behavior concealed in Middle Palaeolithic palimpsests: a high-resolution example from El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Quat. Int.* 417, 66–81. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.050>.
- Machado, J., Hernández, C.M., Galván, B., 2011. Contribucion teorico-metodológica al análisis histórico de palimpsestos arqueológicos a partir de la producción lítica. Un ejemplo de aplicación para el Paleolítico medio en el

- yacimiento de El Salt (Alcoi, Alicante). *Recer. del Mus. d'Alcoi* 20, 33–46.
- Mallol, C., Hernández, C.M., Machado, J., 2012. The significance of stratigraphic discontinuities in Iberia Middle-to-Upper Palaeolithic transitional sites. *Quat. Int.* 275, 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.026>.
- Mallol, C., Hernández, C.M., Cabanes, D., Sistiaga, A., Machado, J., Rodríguez, A., Pérez, L., Galván, B., 2013. The black layer of Middle Paleolithic combustion structures. Interpretation and archaeostratigraphic implications. *J. Archaeol. Sci.* 40, 2515–2537. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.017>.
- Marshall, S.J., 2009. Glaciations, quaternary. In: Gornitz, V. (Ed.), *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. Springer, New York, pp. 389–393.
- Martí, R., Del Moral, J.C. (Eds.), 2003. *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología, Madrid.
- Mellars, P., 2006. Archeology and the dispersal of modern humans in Europe: deconstructing the “aurignacian”. *Evol. Anthropol. Issues, News, Rev.* 15, 167–182. <https://doi.org/10.1002/evan.20103>.
- Molina, J., 2016. *El sílex del prebético y cuencas neóenas en Alicante y sur de Valencia: Su caracterización y estudio aplicado al Paleolítico medio*. Ph. D. Thesis. Universidad de Alicante, Spain.
- Palomo, L.J., Gisbert, J., Blanco, J.C., 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SECEM, SECEMU, Madrid.
- Pérez, L.J., Machado, J., Hernández, C.M., Molares, J.V., Brugal, J.-P., Galván, B., Serra, A.S., 2015. Arqueozoología y arqueostratigrafía del yacimiento de El Salt (Alcoi, Alicante): contribución metodológica para el análisis del registro faunístico contenido en palimpsestos arqueológicos del Paleolítico medio. In: Pascual, J.L. (Ed.), *Preses Petites I Grups Humans en El Passat. II Jornades d'arqueozoologia*. Valencia, pp. 223–244.
- Pérez, L., Sanchis, A., Hernández, C.M., Galván, B., 2016. Habitat y comportamiento de la fauna de macromamíferos en los yacimientos de El Salt y el Abric del Pastor (Alcoy, Alicante): una perspectiva paleoecológica desde el actualismo. *III Jornades d'Arqueozoologia*. Abstract. Museu de Prehistòria de València.
- Pérez, L., Sanchis, A., Hernández, C.M., Galván, B., Sala, B., Mallol, C., 2017. Hearths and bones: an experimental study to explore temporality in archaeological contexts based on taphonomical changes in burnt bones. *J. Archaeol. Sci. Rep.* 11, 287–309. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.036>.
- Pita, R., Mira, A., Beja, P., 2014. *Microtus cabreræ* (rodentia: cricetidae). *Mamm. Species* 46 (912), 48–70.
- Rabeder, G., 1981. Die Arvicoliden (Rodentia, Mammalia) aus dem Pliozän und dem älteren Pleistozän von Niederösterreich. *Beiträge zur Paläontologie Österreich* 8, 1–373.
- Reumer, J.W.F., 1984. Ruscian and early Pleistocene Soricidae (Insectívora, mammalia) from tegelen (The Netherlands) and Hungary. *Scr. Geol.* 73, 1–173.
- Rivas-Martínez, S., 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España [escala] 1: 400.000*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio, ICONA, Madrid.
- Rodríguez-Cintas, A., Cabanes, D., 2015. Phytolith and FTIR studies applied to combustion structures: the case of the Middle Paleolithic site of El Salt (Alcoi, Alicante). *Quat. Int.* 431, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.043> in press.
- Rowe, J.S., 1956. Uses of underground plant species in forestry. *Ecology* 37, 461–473.
- Sánchez-Goñi, M.F., Turon, J.-L., Eynaud, F., Gendreau, S., 2000. European climatic response to millennial-scale changes in the atmosphere-ocean system during the Last Glacial Period. *Quat. Res.* 54, 394–403.
- Sánchez Goñi, M.F., d'Errico, F., 2005. La historia de la vegetación y del clima del último ciclo climático (OIS 5– OIS 1/140–10 Ka. BP) en la Península Ibérica y su posible impacto sobre los grupos paleolíticos. In: Montes, R., Lasheras, J.A. (Eds.), *Neanderthales cantábricos, estado de la cuestión*, vol. 20. Museo Nacional, Centro de Investigación de Altamira, Monografía, pp. 115–129.

- Sanchis, A., Tormo, C., Sauqué, V., Villaverde, V., 2015. Pleistocene leopards in the Iberian Peninsula: new evidence from palaeontological and archaeological contexts in the Mediterranean region. *Quat. Sci. Rev.* 124, 175–208. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.013>.
- Sesé, C., Sevilla, P., 1996. Los micromamíferos del Cuaternario peninsular español: cronoestratigrafía e implicaciones bioestratigráficas. *Revista Española de Paleontología*, N Extraordinario, pp. 278–287.
- Sistiaga, A., March, R., Hernández, C.M., Galván, B., 2011. Aproximación desde la química orgánica al estudio de los hogares del yacimiento del Paleolítico medio de El Salt (Alicante, España). *Recer. del Mus. d'Alcoi* 20, 47–70.
- Sistiaga, A., Mallol, C., Galván, B., Everett, R., 2014. The neanderthal meal: a new perspective using faecal biomarkers. *PLoS One* 9, 1–6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101045>.
- Stoddart, D.M., 1979. *Ecology of Small Mammals*. Chapman and Hall, London.
- Tormo–Cunyat, C., Guillem, P., 2015. Informe del estudio de los micromamíferos del Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia). Campañas de excavación 2009–2012. In: Sanchis, A., Pascual, J.L. (Eds.), *Preses petites i grups humans en el passat. II Jornades d'arqueozoològia*. Museu de Prehistòria de València, pp. 181–208. Valencia.
- van der Meulen, A., 1973. Middle Pleistocene smaller mammals from the Monte Peglia (Orvieto, Italy), with special reference to the phylogeny of *Microtus* (arvicolidae, rodentia). *Quaternaria* 17, 1–144.
- van der Weerd, A., 1976. Rodents Faunas of the Mio–Pliocene Sediments of the Teruel–alfambra Region, Spain, vol. 2. *Utrecht Micropaleontological Bulletins Special Publication*, pp. 1–217.
- Vidal–Matutano, P., 2016. Firewood and hearths: middle palaeolithic woody taxa distribution from el Salt, stratigraphic unit Xb (eastern Iberia). *Quat. Int.* <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.040> in press.
- Whittaker, R.H., 1948. *A Vegetation Analysis of the Great Smoky Mountains*. Ph. D. Thesis. University of Illinois, USA.
- Wilson, D.E., Reeder, D.M., 2005. *Mammal Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Supplementary data

Systematic palaeontology

Phylum CHORDATA BATESON, 1885
 Class MAMMALIA Linnaeus, 1758
 Order EULIPOTYPHILA Waddell et al., 1999
 Family Erinaceidae G. Fischer, 1814
 Genus *Erinaceus* Linnaeus, 1758
Erinaceus cf. *europaeus* Linnaeus, 1758

Material: 1 M2 (ST-F11-93)

Remarks: The tooth is large (L=4.60 mm; W=6.25 mm) and displays the typical morphology of the genus *Erinaceus*. At least two species of *Erinaceus* were present in Western Europe during the Late Pleistocene, *E. europaeus* and *E. davidi*, differing in size (teeth of *E. davidi* are bigger than those of *E. europaeus*) and in a number of morphological features (Jammot, 1973, 1989). The dimensions of the molar of El Salt are similar to those of *E. europaeus* and smaller than those of *E. davidi*. Taking into account the scarcity of material and the absence of more diagnostic material, the erinaceid of El Salt is identified as *E. cf. europaeus*.

Family Soricidae Fischer, 1817
 Genus *Sorex* Linnaeus, 1758
Sorex sp.

Material: 1 M2 (ST-F11-91)

Remarks: Only one tooth, a first-second upper molar, with red-stained cusps is present in the studied sample. Soricids are represented in the Iberian Peninsula during Late Pleistocene by two forms, a red-toothed shrew and a white-toothed shrew. From these, two genera of shrews (*Neomys* and *Sorex*) with red-coloured teeth have been cited during that period. Usually, upper molars of the *Neomys* species are larger, have lower cusps and show a more reduced hypocone compared to *Sorex* representati-

ves (Jammot, 1974). The dimensions of the molar from El Salt (AW=1.64 mm; PE: 1.25 mm; LL: 1.65 mm), its relatively high cusps and the marked hypocone allow including it in the genus *Sorex*. The scarcity of material prevents a more precise identification.

Genus *Crocidura* Wagler, 1832
Crocidura sp.
 Fig. 2-A

Material: 1 I (ST-F11-89) (LT=1.54; H=1.19); 1 M1 (ST-F11-90) (BL=1.181; AW=1.44; PE=0.87; LL= 1.19); 1 M2 (ST-F11-92) (BL= 1.17; AW= 1.63; PE= 0.93; LL=1.07; PW= 1.44); 1 Md (ST-F11-51); 1 m1 (ST-F11-151a) (L=1.35; TAW= 0.92; TRW= 0.84); 1 m2 (ST-F11-94); 1 m3 (ST-F151b) (L=1.11; TAW: 0.45; TRW=0.66)

Remarks: The elements recovered are characterized by the absence of pigmentation. The upper molars are extended labio-lingually. These features are typical of the genus *Crocidura* (Furió, 2007). This is the only genus of shrews with unpigmented teeth during the Late Pleistocene of the Iberian Peninsula, with two species, *C. russula* and *C. suaveolens*, recorded at this time interval. Usually, the distinction between both species is based in the fourth upper premolar (Poitevin et al., 1986), being this element absent in sample of El Salt. For this reason, the material of El Salt is identified as *Crocidura* sp.

Family Talpidae Fischer von Waldheim, 1817
 Talpidae indet.

Material: 3 p (ST-F11-96 to ST-F11-98) (L=0.60; W=0.41)

Remarks: The premolars have two roots. That characteristic with the size of the specimens discard of being a hedgehog or a bat. In the absence of more diagnostic elements we ascribe those remains to the family Talpidae.

Order Lagomorpha Brandt, 1855
 Family Leporidae Fischer, 1817
 Genus *Oryctolagus* Linnaeus, 1758
Oryctolagus cf. cuniculus Linnaeus, 1758

Material: 5 Mx (ST-F11-1809 to ST-F11-1812; ST-F11-1837); 7 P2 (ST-F11-100 to ST-F11-102, ST-F11-141 to ST-F11-144); 12 I1 (ST-F11-103 to ST-F11-106, ST-F11-107, ST-F11-133 to ST-F11-139, ST-F11-1837a); 34 Upper Molars (ST-F11-1809a to ST-F11-1809c, ST-F11-1810a, ST-F11-1810b; ST-F11-1811a, ST-F11-1811b, ST-F11-1811c, ST-F11-1811d, ST-F11-1812a, ST-F11-1811b, ST-F11-1815 to ST-F11-1836); 3 M3 (ST-F11-1809d, ST-F11-1811d, ST-F11-1813); 3 Md (ST-F11-140, ST-F11-152, ST-F11-1838); 2 i1 (ST-F11-140a, ST-F11-152a); 2 p3 (ST-F11-99); 4 Lower Molars (ST-F11-1804 to ST-F11-1808); 1 m3 (ST-F11-1814)

Remarks: Within leporids, upper incisors and third lower premolars are the diagnostic elements (Callou, 1997). The incisors exhibit the typical deep indentation on its labial surface of the lagomorphs, giving place to two lobes on either side of this longitudinal groove. Both lobes are similar in size and rounded, which according to Callou (1997) is the typical morphology of *Oryctolagus*. Regarding the p3, the anteroconids, lingual and vestibular, are very similar in size and shape, well-developed and rounded, but as morphology in p3 tends to vary so much, biometric analyses have taken into account. The analysis that relates length (L= 3.3 mm) versus width (W= 3.3 mm) show that values fall inside the characters for *Oryctolagus cuniculus* from today (De Marfà, 2009). Only one species of this genus is present in the Late Pleistocene of the Iberian Peninsula, *O. cuniculus*. Due to the absence of more diagnostic material in the sample of El Salt, the leporid material is identified as *O. cf. cuniculus*.

Order Rodentia Bowdich, 1821
 Family Cricetidae Fischer, 1817
 Genus *Arvicola* Lacépède, 1799
Arvicola sapidus Miller, 1908
 Table 1 Supplementary Data

Material: 1 M2 (ST-F11-17); 2 M3 (ST-F11-129, ST-F11-130); 2 Md (ST-F11-108, ST-F11-117); 2 i (ST-F11-108a, ST-F11-117a); 2 m1 (ST-F11-108b, ST-F11-117b); 2 m2 (ST-F11-108c, ST-F11-117c); 2 m3 (ST-F11-118, ST-F11-119)

Remarks: The molars assigned to *Arvicola sapidus* are characterized by its big size, abundant cement in the re-entrant angles, and rounded salient angles. The enamel is thicker in the anterior edge of the triangles in the upper molars and thicker in the posterior edge of the triangles in the lower molars. All these characters match with those of *A. sapidus* (López Martínez, 1980).

Genus *Microtus* Schrank, 1798
Microtus (Microtus) agrestis Linnaeus, 1761
 Fig. 2-B

Material: 1 m1 (ST-F11-10) (L=2.82, W=1.04)

Remarks: Only one lower molar has been identified as belonging to the field vole or short-tailed vole. The external (buccal) triangles are smaller than the internal (lingual) ones, that is, triangles are markedly asymmetric, which is a diagnostic character from *Microtus agrestis*, differentiating from *Microtus arvalis*, which is more symmetric (Chaline, 1972, Nadachowski, 1984). The LT4/LT5 index for the studied specimen of this site reveals more asymmetry than (LT4/LT5=41) the specimens measured by Nadachowski (1984).

Microtus (Microtus) arvalis Pallas, 1779
 Fig. 2-C, Table 1 Supplementary Data

Material: 3 Md (ST-F11-10, ST-F11-11, ST-F11-110); 3 M2 (ST-F11-3, ST-F11-4, ST-F11-127); 2 i (ST-F11-10a, ST-F11-11a); 7 m1 (ST-F11-110a, ST-F11-111, ST-F11-113, ST-F11-116, ST-F11-176); 2 m2 (ST-F11-10c, ST-F11-110b)

Remarks: The first lower molars have five closed triangles (T1 to T5), the buccal triangles reach a similar development than the labial ones, and the anterior complex has a symmetrical appearance, with T6 and T7 well developed. The second upper molars present in the sample lacks of an internal posterior lobe. The transverse symmetry of the molars and the absence of the internal posterior lobe on the second upper molar are diagnostic features of *M. arvalis* and allow distinguishing the teeth from El Salt from a morphologically close species, *M. agrestis* (Dienske, 1969; Nadachowski, 1984).

Microtus sp. gr. *arvalis-agrestis*

Fig. 2-D; Table 1 Supplementary Data

Material: 7 M1 (ST-F11-1, ST-F11-2, ST-F11-122 to ST-F11-125, ST-F11-127, ST-F11-128, ST-F11-147); 2 M3 (ST-F11-5, ST-F11-128); 5 m2 (ST-F11-15, ST-F11-16, ST-F11-18, ST-F11-120, ST-F11-121); 1 m3 (ST-F11-21)

Remarks: First and third lower and upper molars with the characteristics belonging to *M. arvalis* or *M. agrestis* have been assigned to *Microtus* sp. gr. *arvalis-agrestis*. Triangles are not confluent, acute and with abundant cement on the angles.

Microtus (Iberomys) cabreræ Miller, 1908

Table 1 Supplementary Data

Material: 1 M1 (ST-F11-146); 1 M2 (ST-F11-126); 1 M3 (ST-F11-6); 3 m1 (ST-F11-12b, ST-F11-115, ST-F11-145); 1 Hm (ST-F11-12); 1 i (ST-F11-12a); 2 m2 (ST-F11-148, ST-F11-150); 1 m3 (ST-F11-22)

Remarks: The molars assigned to *Microtus (Iberomys) cabreræ* show acute salient angles and abundant cement in the re-entrant angles. The preserved hemimandible includes in its ventral edge a greatly developed digastric process, which is a diagnostic characteristic of the subgenus *Iberomys* (Ayarzagüena and López Martínez, 1976). The first lower molars have five closed triangles and an anterior lobe triangular in shape. The size (L=3.44, W=1.31) of the one measurable first lower molar falls within the upper range of the *M. (I.) cabreræ* samples (Laplana and Sevilla, 2013). The buccal triangles are shorter than the lingual ones, giving to the molar a moderately asymmetrical appearance. This transverse asymmetry is less developed than in *M. breccensis*, whose first lower molars are markedly asymmetric. All these characters allow including the material of El Salt in the species *M. (I.) cabreræ*.

Microtus (Terricola) duodecimcostatus De

Sélys-Longchamps, 1839

Table 1 Supplementary Data

Material: 2 M3 (ST-F11-7; ST-F11-340); 1 Md (ST-F11-109); 5 m1 (ST-F11-8, ST-F11-9, ST-F11-7109a, ST-F11-112, ST-F11-149); 3 m2 (ST-F11-13, ST-F11-14, ST-F11-339); 1 m3 (ST-F11-20)

Remarks: The first lower molars have three closed triangles (T1 to T3), whereas T4 and T5 are opposite and broadly confluent, creating a diamond-shaped dentine field called pitymyan rhombus. This rhombus is inclined backwards. The anteroconid complex is formed also by two opposed and confluent triangles (T6, T7), creating a second rhombus that opens widely to an anterior lobe which is ovoid and rounded. The upper third molar is characterized by the great confluence of T2-T3, with the second buccal triangle shorter than the other buccal triangles. Two *Terricola* species, *M. (T.) lusitanicus* and *M. (T.) duodecimcostatus*, share the

same morphology of the third upper molar (Blanco, 1998). Both species can be distinguished from each other by the morphology of the first lower molars (Brunet-Lecomte et al., 1987). The greater breadth of the anterior lobe and the weaker slope of the second pitemyan rhombus allow us to ascribe these specimens to the species *Microtus (Terricola) duodecimcostatus*.

Family Muridae Fischer, 1817

Genus *Apodemus* Kaup, 1829

Apodemus sylvaticus Linnaeus, 1758

Fig. 2-E, Table 1 Supplementary Data

Material: 10 M1 (ST-F11-57 to ST-F11-60, ST-F11-161 to ST-F11-165, ST-F11-171); 13 M2 (ST-F11-44 to ST-F11-56); 9 M3 (ST-F11-35 to ST-F11-43); 14 m1 (ST-F11-61 to ST-F11-65, ST-F11-131, ST-F11-153 to ST-F11-160); 15 m2 (ST-F11-66 to ST-F11-75, ST-F11-166 to ST-F11-170); 14 m3 (ST-F11-76 to ST-F11-88, ST-F11-172)

Remarks: Two species of *Apodemus* were commonly present during the Late Pleistocene in the Iberian Peninsula: *A. sylvaticus* and *A. flavicollis*. Both species can be distinguished by a number of biometrical and morphological features. In the sample of the Unit Xb from El Salt, the relative length ($L/W=1.06$) of m2 and the presence of a well-developed t9 in M2 are about 90%, according Michaux and Pasquier (1974) and Arrizabalaga et al. (1999) typical characteristics of *A. sylvaticus*.

Family Gliridae Muirhead, 1819

Genus *Eliomys* Wagner, 1840

Eliomys quercinus Linnaeus, 1766

Table 1 Supplementary Data

Material: 3 D4 (ST-F11-23 to ST-F11-25); 1 M1-2 (ST-F11-26); 1 d4 (ST-F11-27); 2 p4 (ST-F11-28, ST-F11-29); 4 m1-2 (ST-F11-30, ST-F11-31, ST-F11-132, ST-F11-173); 3 m3 (ST-F11-32, ST-F11-33, ST-F11-34)

Remarks: Glirids are represented in the studied sample by twelve teeth. Three species of dormice are present in the Iberian Peninsula during the Late Pleistocene: *Eliomys quercinus*, *Glis glis* and *Muscardinus avellanarius*. The morphology of the teeth of El Salt, with well-developed cusps and low number of transverse ridges, are typical of the genus *Eliomys*. According to Ruiz Bustos et al. (1982) and Paunesco and Abbassi (2002), the lack of accessory crests in lower molars of *Eliomys* is a diagnostic feature of the species *E. quercinus*.

Taxon	Element	Length				Width			
		n	Min.	Mean	Max.	n	Min.	Mean	Max.
<i>A.sapidus</i>	M3	1	-	2.69	-	2	1.40	1.48	1.55
	m1	2	4.61	4.76	4.91	2	1.87	1.98	2.09
	m2	1	-	3.02	-	1	-	1.74	-
	m3	1	-	2.69	-	1	-	1.48	-
<i>M. arvalis</i>	M2	3	1.60	1.63	1.68	3	0.83	0.93	0.99
	m1	5	2.63	2.83	3.01	5	0.94	0.99	1.03
	m2	2	1.41	1.46	1.50	2	0.83	0.84	0.85
<i>M. arvalis-agrestis</i>	M1	6	1.99	2.08	2.22	6	0.93	0.98	1.02
	M3	2	1.61	1.71	1.79	2	0.71	0.78	0.84
	m2	3	1.34	1.45	1.54	3	0.73	0.79	0.86
	m3	1	-	1.27	-	1	-	0.67	-
<i>M. (T.) duodecimcostatus</i>	M3	1	-	-	-	1	-	0.90	-
	m1	2	2.58	2.71	2.84	2	0.94	0.97	0.99
	m2	2	1.34	1.39	1.45	2	0.79	0.84	0.88
	m3	1	-	1.38	-	1	-	0.74	-
<i>M. (I.) cabreræ</i>	M1	1	-	2.69	-	1	-	1.46	-
	M2	1	-	1.91	-	1	-	1.30	-
	m1	1	-	3.41	-	2	1.41	1.51	1.61
	m2	2	1.71	1.71	1.72	2	1.17	1.24	1.31
	m3	1	-	1.59	-	0	-	-	-
<i>Apodemus sylvaticus</i>	M1	1	-	1.93	-	2	1.26	1.28	1.32
	M2	8	1.20	1.32	1.43	10	1.19	1.27	1.44
	M3	8	0.88	0.98	1.073	8	0.84	0.91	0.99
	m1	0	-	-	-	2	1.18	1.20	1.21
	m2	10	1.14	1.33	1.26	9	1.00	1.97	1.19
	m3	13	0.89	1.04	1.13	13	0.77	0.93	1.04
<i>Eliomys quercinus</i>	D4	3	0.78	0.88	1.08	3	1.02	1.14	1.29
	M1-2	1	-	1.33	-	1	-	1.51	-
	d4	1	-	1.38	-	1	-	1.17	-
	p4	2	1.33	1.34	1.35	2	1.21	1.28	1.35
	m1-2	2	1.18	1.53	1.88	2	1.48	1.52	1.55
	m3	2	1.19	1.22	1.24	2	1.46	1.48	1.50

Table 1 Supplementary Data. Measures taken in millimetres from small mammal dental remains of Unit Xb of El Salt. n: number of specimens, Min: Minimum value, Max: Maximum value.

BLOQUE 2

Palaeoecological context for the extinction of the Neanderthals: A small mammal study of Stratigraphic Unit V of the El Salt site, Alcoi, eastern Spain

Abstract

El Salt is emerging as a reference site for the study of the extinction of Neanderthal populations in the Eastern Iberian Peninsula during MIS 3. The small vertebrate assemblage analysed in this work is framed within this general objective and comes from Stratigraphic Unit V, the most recent unit with human presence. Nearly 1300 small mammal remains have been studied in order to reconstruct the palaeoecological conditions of this debated period. A total of seven rodents (*Microtus arvalis*, *Microtus (T) duodecimcostatus*, *Microtus (I.) cabreræ*, *Sciurus vulgaris*, *Arvicola sapidus*, *Eliomys quercinus* and *Apodemus sylvaticus*), three insectivores (*Talpa occidentalis*, *Crocidura* sp., *Sorex* sp.) and one lagomorph (*Oryctolagus* cf. *cuniculus*) were identified. Palaeoecological analyse points to drier conditions in the upper part (Unit V) of the stratigraphic sequence, supporting the hypothesis that an aridification scenario may have played a role in the disappearance of the Neanderthal groups inhabiting this region of the Iberian Peninsula.

Referencia

Fagoaga, A., Laplana, C., Marquina, R., Machado, J., Marin-Monfort, M.D., Crespo, V.D., Hernández, C., Mallol, C., Galván, B., Ruiz-Sánchez, F.J., 2019. Palaeoecological context for the extinction of the Neanderthals: a small mammal study of Stratigraphic Unit V of the El Salt site, Alcoi, eastern Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 530, 163–175.



1. Introduction

The timing and possible causes of Neanderthal disappearance remain unresolved and continue to be strongly debated (d'Errico and Sánchez-Goñi, 2003; Stewart, 2005; Finlayson et al., 2006; Banks et al., 2008; Mallol et al., 2012; Zilhão, 2013; Galván et al., 2014b; Higham et al., 2014; Villa and Roebroeks, 2014; Kolodny and Feldman, 2017; Wolf et al., 2018; Ríos et al., 2019).

The replacement of Neanderthals by anatomically modern humans (AMH) is recorded across Europe by a diachronous and culturally complex succession of distinct stone tool assemblages from the Middle–Upper Palaeolithic transition (MUPT) roughly between 48 and 36 ka cal BP (Staubwasser et al., 2018). Improve dating of the Middle–Upper Palaeolithic boundary is providing a better understanding of this biological replacement process (Marín–Arroyo et al., 2018 and references therein). Recent research centred on the Iberian Peninsula points to regional disappearance of Neanderthals at different moments and persistence in the south (Zilhão et al., 2017; Marín–Arroyo et al., 2018; Wolf et al., 2018; Cunha et al., 2019), although the precise nature of timing of the replacement of *H. neanderthalensis* by AMH in the Iberian Peninsula remain unresolved questions (Strauss, 2018).

Climate has always been considered as an influential factor involved in biogeographical reordering. Thus, in the 1980s, several authors proposed a scenario that involves climate as a factor in the replacement of Neanderthals by anatomically modern humans (AMH) (Leroyer and Leroi–Gourhan, 1983; Leroyer, 1988). Since then, many other authors consider that climate must have played a role in Neanderthal extinction (Mellars, 1992; Djindjian, 1993; Zilhão, 1993; Burjachs and Julià, 1996). In this sense, Finlayson et al. (2004) point out that the whole issue of

Neanderthal extinction may be addressed from an ecological and palaeoclimatic perspective and d'Errico and Sánchez-Goñi (2003) projected a climate driven model for the extinction of Iberian Neanderthals based on millennial-scale palaeovegetation data and palaeoclimatic models that plays down the influence of AMH. Other authors including Stewart (2005) analyse fauna present during MIS 3 and set forth evidence of an ecological downturn influenced by climate in which mammoths disappeared, certain species including Neanderthals disappeared, and AMH expanded throughout Europe and Asia.

Palaeoclimatic records from a wide range of marine and terrestrial archives document rapid fluctuations during the last glacial and provide compelling evidence that Dansgaard Oeschger oscillations (D/O) and Heinrich cold events (HE) were of global significance (Moreno et al., 2002). During HE 4 and the rest of the HE in MIS 3, the Mediterranean region had a mean annual precipitation of 400 mm, a minimum temperature of the coldest month between 6 and 13 °C less than current conditions and a maximum temperature of the warmest month of 10 °C (Sánchez-Goñi and d'Errico, 2005). Coinciding with these cold stages, northeastern and southern winds would have prevailed (Moreno et al., 2002). During temperate phases of MIS 3, temperature and precipitation estimates indicate that climate was similar to nowadays (Sánchez-Goñi and d'Errico, 2005). In the light of these data, climate could be considered as a factor that played a significant role in population dynamics of the Iberian Peninsula at the Middle-to-Upper Palaeolithic boundary (Mallol et al., 2012; Galván et al., 2014b).

Sedimentary sequences covering this time-frame or archaeological sites with Middle and Upper Palaeolithic records are interesting places to study the Middle to Upper transition, as they might provide clues

to contextualize the environment and to evaluate the possible effects of climate on these populations. According to Holmes et al. (2010), “Although large-scale reconstructions using, for example, marine sediments provide a valuable environmental context for hominin evolution, they must be complemented by smaller-scale, site-specific environmental investigations from localities closer or where the hominin remains have been found”. From this perspective, small mammals, which currently make up around 80 % of current and past mammal species richness (Fernández-Jalvo et al., 2016), are tightly linked to environmental variations and have precise ecological requirements (Delany, 1976; Stoddart, 1979). Thus, they constitute a powerful tool for palaeoclimatic and palaeoenvironmental approaches in archaeological sites (Chaline, 1988; Cuenca-Bescós et al., 2009), especially in rapidly changing periods such as the one studied here.

With this contribution, we would like to associate our results with the debate on the extinction of Neanderthals during MIS 3, in order to shed light on the environmental context in which these groups developed and disappeared. Palaeoclimatic reconstructions for this period are crucial to clarify whether or not climate deterioration played a crucial role in driving Neanderthals to disappearance at a regional scale.

2. El Salt site

El Salt is a middle Palaeolithic site located in the municipality of Alcoi (Alicante, southeastern Iberia, Spain), 680 m above sea level. Its 6.3 m thick stratified deposit rests against a 38 m-high Palaeocene limestone wall, formed at a thrust fault and covered with tufa and travertine (Fig. 1). Since 1986, El Salt has been studied systematically from an interdisciplinary perspective, focusing on the high resolution studies of Neanderthal beha-

viour (Galván et al., 2006; Mallol et al., 2013; Garralda et al., 2014; Sistiaga et al., 2014; Rodríguez-Cintas and Cabanes, 2015; Machado and Pérez, 2016; Molina, 2016; Vidal-Matutano, 2017; Pérez et al., 2017; Marquina et al., 2017; Machado et al., 2017; Fagoaga et al., 2018; Vidal-Matutano et al., 2018; Leierer et al., 2019).

The sedimentary sequence comprises thirteen lithostratigraphic units (from XIII to I) described by Fumanal (1994) (Galván et al., 2014b) (Fig. 2a). From bottom to top, Unit XIII consists in an archaeologically sterile subhorizontal travertine platform. In contrast, Units XII to IX contain the highest concentration of archaeological remains and combustion features. These units are 1.5 m-thick and are mainly constituted by horizontally bedded fine sand. From Unit VIII to the middle of Unit V there is considerably spatially reduced evidence of human input and progressively more non-archaeological sedimentation (Galván et al., 2014b). Six upper teeth of possibly a Neanderthal juvenile or young adult were recovered at the base of Unit V (Garralda et al., 2014). According to Galván et al. (2014b), “these specimens could represent an individual from one of the last Neanderthal groups that occupied the site and perhaps the region”. The upper part of Unit V is archaeologically sterile except for the upper part, where two small flint blades, a few undifferentiated flakes and a small combustion structure were recovered at the top of the unit (Garralda et al., 2014). This segment, the top of Unit V, is 50 cm-thick, truncated, massive sandy silt with heterogeneous gravel in the top 20 cm. Preliminary results from a small mammal study showed a reduction in species diversity in Unit V compared with all of the underlying units (Fagoaga et al., 2015). Holocene Units IV to I consist on different beds of gravel in secondary position and separated by erosional contacts. They contain late Upper Palaeolithic, Epipalaeolithic and Mesolithic lithic remains and Neolithic pottery remains (Fig. 2a; Galván et al., 2014b).

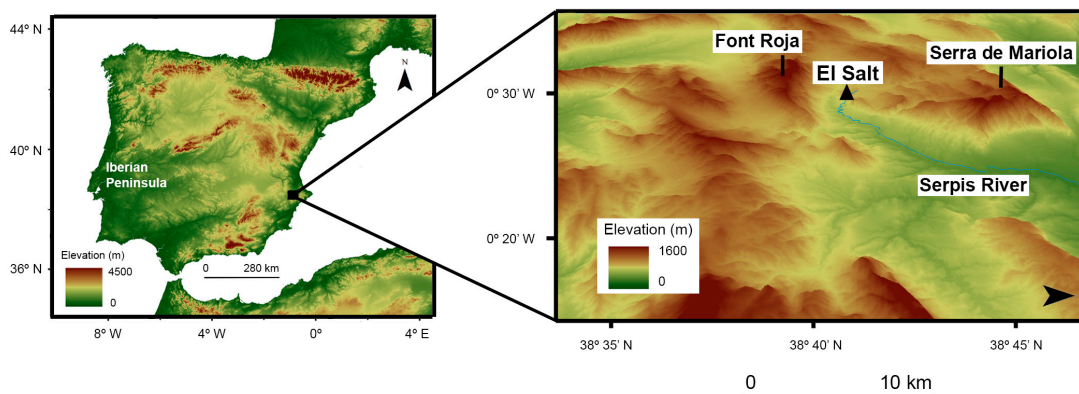


Fig. 1. Geographic location of El Salt Middle Palaeolithic site in the Iberian Peninsula and its position in the Serpis Valley between Font Roja and Serra de Mariola mountain ranges. (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>).

3. Material and methods

The small-mammal fossil remains used for this study consist mainly of isolated dental fragments collected during El Salt 2013 and 2014 seasons. In order to approach the anthropogenic context, the excavation methodology implemented at El Salt is based on a pursuit and excavation of paleosurfaces. These are identified based on sharp stratigraphic contacts, textural or lithological changes and lateral associations between large objects.

This study includes Upper Unit V-24, which yielded three excavation surfaces (7, 8 and 9) and Upper Unit V-25. These two segments have been dated to around 45 ka, between HE 5 and HE 4 (Galván et al., 2014a, 2014b) (Fig. 2a). We also include Unit Xb, previously studied in Fagoaga et al. (2018) to compare a period of recurrent human occupation (Unit Xb) with the context of human disappearance recorded in Upper Unit V. Upper Unit V-24 consists in silts with coarse sand and gravel (1–3 mm) and minor amount of heterometric limestone and travertine fragments. This segment of the sequence overlies the Upper Unit V 50 cm-thick archaeologically sterile deposit (Upper Unit V-23) (Fig. 2c). Upper

Unit V-25 comprises a massive fine-grained deposit similar to Upper Unit V-23 (Fig. 2b, c).

Fossil remains were obtained from two different sources: complete water sieving with 0.5 mm mesh size from several excavation squares and flotation with a 1 mm mesh (Vidal-Matutano, 2017). Analyses depending on relative abundances (Habitat Weighting method and taphonomy) were carried out only from the material collected from the water sieving method. Potentially, the latter method contains all the small mammal remains fractions and not only fossil remains over 1 mm as in the case of the flotation method. However, in order to identify as many species as possible, the material resulting from the flotation process was also examined for systematic palaeontological and palaeoclimatic analysis. The fossils were processed, sorted and classified using a Leica MS5 binocular microscope. Measurements were taken on a Leica MZ75 binocular microscope, by means of displacement of a mechanical stage connected to Sony Magnescale measuring equipment. Photographs were taken with a scanning electron microscope at The Central Support Facility for Experimental Research (SCSIE) of the Universitat de València.

Fossils were identified following the anatomical nomenclature and measurements methods given by van der Meulen (1973), Rabeder (1981) and Jeannet (2000) for arvicolines, Van der Weerd (1976) for murids, Daams (1981) and Freudenthal (2004) for glirids, Reumer (1984) for soricids and finally, Furió (2007) for erinaceids. The taxonomic classification follows the one given by Wilson and Reeder (2005). Within arvicolines, subgeneric classification follows Jaarola et al. (2004).

To reconstruct the palaeoenvironment at Unit V from El Salt, we used the Habitat Weighting method developed by Whittaker (1948), Rowe (1956) and Gauch (1989). Fossils were grouped using the minimum number of individuals (MNI) method, by which we determined the sample by counting the best diagnostic elements, considering laterality. This procedure defines a value, in a range between 0 and 1, for each species in each habitat where it is possible to find it. According to Cuenca-Bescós et al. (2005), the habitats used are: Open dry (OD), meadows under seasonal climate change; Open humid (OH), evergreen meadows with dense pastures and suitable topsoil; Woodland (W), mature forest including woodland margins and forest patches, with moderate ground cover; Rocky (R), areas with a suitable rocky or stone substratum, and Water (Wa), areas along streams, lakes and ponds. Values have been assigned from the available information at “Atlas y Libro Rojo de mamíferos terrestres de España” (Palomo et al., 2007).

Taxonomical composition of the assemblage allows us to evaluate the climatic conditions that prevailed during the formation of the studied deposit (Hernández-Fernández and Peláez-Campomanes, 2005). To approach to those conditions, we have used the Mutual Ecogeographic Range method (MER) (Blain et al., 2009; Blain et al., 2016), which consists in identifying the geographic regions where all the species from a same assemblage live nowadays and extrapolate the current mean

values of climatic parameters to our unit. An assumption that must be considered is that the fossil representatives of the extant species have the same climatic tolerances and preferences as their living counterparts. This method suggests avoiding species whose distribution is strongly affected by perturbing parameters as human pressure. Therefore, *Microtus (I.) cabreræ* has been removed from this study because it has suffered a range contraction (Laplana and Sevilla, 2013) and many subpopulations are small, fragmented and subject to major inter-annual fluctuations (Palomo, 1999; Palomo and Gisbert, 2002). From a 10 × 10 km square grid, Palomo et al. (2007) record the presence or absence of each mammal taxa recorded in Spain. Using ArcGis application, species identified in the Stratigraphic Unit (SU), and considering the resulting distribution area of the whole fossil assemblage represented in each level analysed, we have extracted bioclimatic information (MAT, mean annual temperature; MTW, maximum temperature of the warmest month; MTC, minimum temperature of the coldest month; MAP, mean annual precipitation) contained in climate layers from World Clim 1.4 with 30 arcseconds resolution grid (Hijmans et al., 2005), calculating the same climatic parameters for Alcoi nowadays. Therefore we can compare values of the past with the current ones in the same geographic location.

In order to assess the homogeneity of the environment in each of the assemblages studied, we have calculated the Simpson index of Evenness = $1 - \sum(\pi_i^2)$, where π_i is the proportion of individuals in the i th species (Magurran, 2004). This index ranges from 0 to 1, where values close to 1 mean there is no variation in the species within a community. Contrary, the higher variation, the lower is the value of the evenness index. Values have been standardized by dividing by total sample abundances to avoid statistical problems of high sample-size dependence.

On the other hand, species identified have been classified according to chorotypes established by Sans-Fuentes and Ventura (2000), Real et al. (2003) and López-García et al. (2010). Chorotype 1 (Ch1) refers to species with Euro-Siberian requirements; Chorotype 2 (Ch2) are form by Euro-Siberian species that nonetheless tolerate Mediterranean conditions; Chorotype 3 (Ch3) includes strictly Mediterranean species; and finally Chorotype 4 (Ch4) denotes species with a broad distribution and without very strict Mediterranean requirements. Ch1 and Ch2 have been joined in an upper group related with Euro-Siberian conditions, while Ch3 and Ch4 have been linked in another group more related to Mediterranean conditions.

Using GIS tools, we linked the cartography of vegetation series in the Iberian Peninsula (Rivas-Martínez, 1987) with mutual distribution range of the fossil species (currently extant) recorded at the site. From this analysis, we reconstructed the probable vegetal landscape and its bioclimatic determinants existing around the site at the time of its formation. To analyse the developed changes in communities, we compared the vegetal landscape and bioclimatic indexes that characterize the surroundings of the site (Alcoi municipality) nowadays according to Rivas-Martínez (1987) with those previously obtained for the time of formation of the site.

In order to assess the possible taphonomical bias introduced and to allow these palaeoecological interpretations of the fossil assemblage, a preliminary study was conducted in order to identify the predator responsible for the accumulation (Andrews, 1983, 1990; Andrews and Evans, 1983; Fernández-Jalvo and Andrews, 1992). Among digestion, skeletal representation and breakage, only the first parameter cannot be simulated by any taphonomical agent besides gastric juices from raptors and/or carnivores. Based in the descriptive-systematic method developed by Andrews (1990), Fernández-Jalvo and

Andrews (1992), and Fernández-Jalvo et al. (2016), digestion has been analysed for teeth (molars and incisors).

The following abbreviations are used: AMH, anatomically modern humans; GI, Greenland interstadial; GS, Greenland stadial; HE, Heinrich Event; ka cal BP, calendar years before present; kyr, 1000 years; L, length; m, mean of the minimum temperatures of the coldest month; M, mean of the maximum temperatures of the coldest month; Md, hemimandible; Mx, maxille; MAT, mean annual temperature; MTW, maximum temperature of the warmest month; MTC, minimum temperature of the coldest month; MAP, mean annual precipitation; MIS, marine isotope stage; SCSIE (UV), Servei Central de Suport a la Investigació Experimental de la Universitat de València; SU, stratigraphic unit; W, width.

4. Results and discussion

4.1. Taphonomic remarks

Although we did not carry out a complete taphonomic study of the small mammal accumulation at El Salt Unit V, some preliminary results can be pointed out. Within each sample studied, bones and teeth show a relatively homogeneous preservation. No items with abraded or polished surfaces or edges have been identified, suggesting that transport of the remains on the surface prior to their burial was short or null. There are no significant colour differences between remains within each sample. No other possible evidence of reworking has been identified (such as polishes on root-marks, for example). All these features suggest the absence of mixing processes by reworking. The main difference between the remains within each sample concerns the evidences of digestion. Digestion features found on the fossils analysed show the predominance of non-digested remains and little modification on the enamel surface. However, higher degrees of

digestion were identified in a very low proportion. The percentages of digestion observed on molars and incisors are around 50 and 25 %, respectively. These results allow us to associate our assemblage to the action of predators, specifically a predator of diges-

tion category 3. Given the size of prey from the assemblage identified, the European eagle owl (*Bubo bubo*) appears to be the most plausible predator responsible for this faunal association.

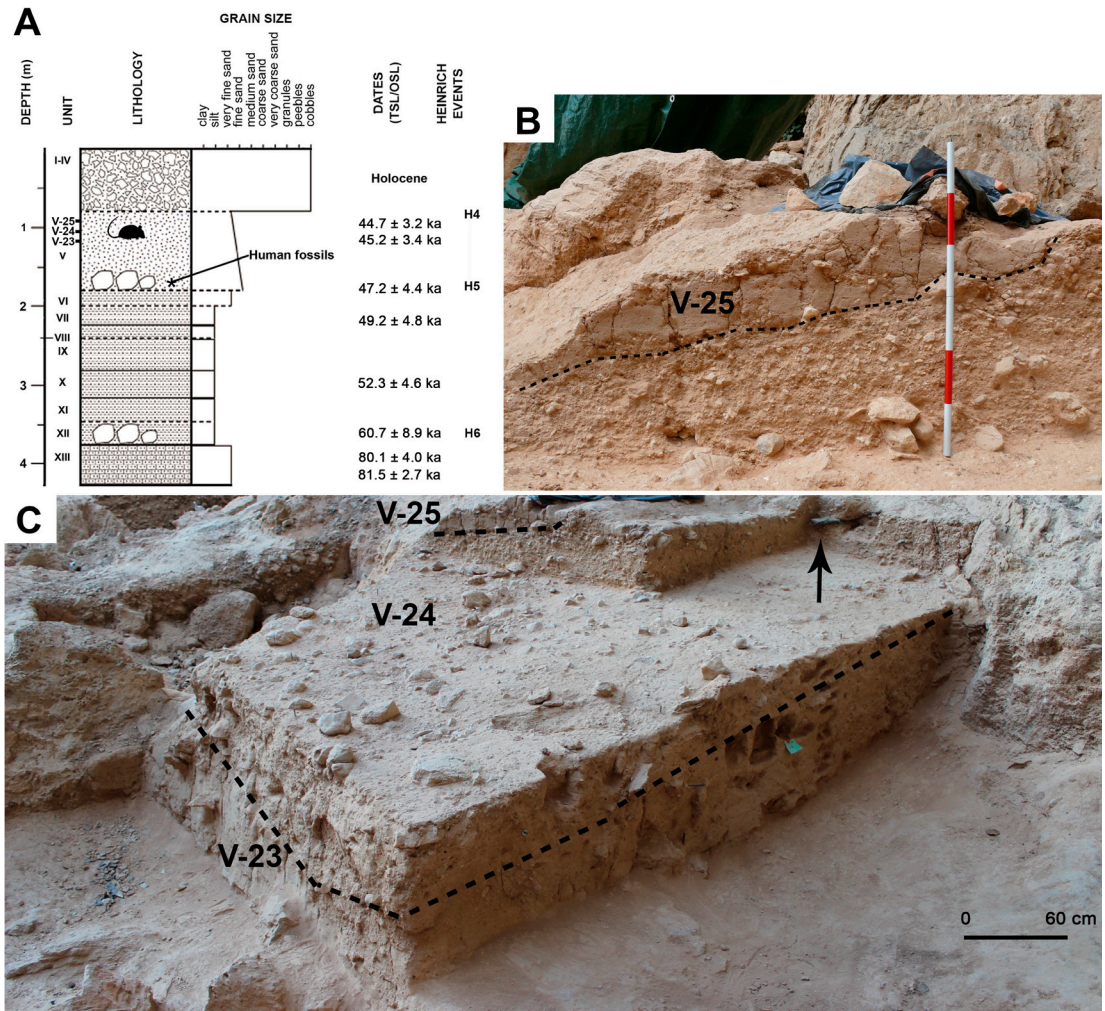


Fig. 2. A) Stratigraphic log indicating position of the small mammals studied here (modified from Galván et al., 2014b). B, C) Sedimentary deposit of Unit V where the small mammals came from (Upper Unit V-24 and V-25) and an underlying segment of the same unit (Upper Unit V-23). The arrow indicates the position of a single hearth found in upper Unit V. Upper Unit V-23 is constituted by massive silt with isolated millimetric and centimetric fragments of limestone, tufa and bone. Scale bar B, C=60 cm.

4.2. Small mammal assemblage

The associations studied comprise 1249 dental remains corresponding to 97 individuals and 15 species. The species determined are listed in Table 1. In general, qualitative differences among the faunal lists from the Unit V surfaces analysed are not significant. However, the species *Talpa occidentalis*, *Arvicola sapidus* and *Sciurus vulgaris* are only present

in some of the surfaces (Table 1). *Sciurus vulgaris* and *Talpa occidentalis*, previously undocumented at El Salt, were found in Unit V Surfaces 9 and 7 (Table 1).

Comparing the faunal list of Unit V and those from the older unit Xb, the main difference is the presence of *Erinaceus europaeus* and *Microtus agrestis* in the unit Xb and its absence in the upper Unit V (Fagoaga et al., 2018).

	XB		UPPER V			Chorotypes
	F11	V-24		V-25		
	S.3	S.9	S.8	S.7	-	
Eulipotyphla						
<i>Erinaceus europaeus</i>	1	0	0	0	0	Ch4
Soricidae indet.	0	1	1	1	0	-
<i>Sorex</i> sp.	1	0	0	1	0	Ch2
<i>Crocidura</i> sp.	1	1	1	1	1	Ch3
Talpidae indet.	1	0	0	0	0	-
<i>Talpa occidentalis</i>	0	1	0	1	0	Ch2
Lagomorpha						
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	1	1	1	1	1	Ch4
Rodentia						
<i>Arvicola sapidus</i>	1	1	1	1	0	Ch4
<i>Microtus agrestis</i>	1	0	0	0	0	Ch2
<i>Microtus arvalis</i>	1	1	1	1	1	Ch1
<i>Microtus (I.) cabreræ</i>	1	1	1	1	1	Ch3
<i>Microtus (T.) duodecimcostatus</i>	1	1	1	1	1	Ch3
<i>Apodemus sylvaticus</i>	1	1	1	1	1	Ch4
<i>Eliomys quercinus</i>	1	1	1	1	1	Ch4
<i>Sciurus vulgaris</i>	0	1	0	1	0	Ch4
Total	12	11	9	12	7	

Table 1 Faunal list from the levels studied at El Salt site and chorotypes for the species identified. The remains were obtained from water-sieving and flotation of V-25 and from excavation Surfaces 7, 8 and 9 from V-24. The faunal list from Unit Xb is also displayed (Fagoaga et al., 2018). Value "0" means absence and value "1" presence. Ch1, Chorotype 1 (species with mid-European requirements); Ch2, Chorotype 2 (mid-European species that nonetheless tolerate Mediterranean conditions); Ch3, Chorotype 3 (species with strictly Mediterranean requirements); Ch4, Chorotype 4 (with a broad distribution and without very strict Mediterranean requirements) (Sans-Fuentes and Ventura, 2000).

In sum, the units analysed from El Salt have yielded a faunal record with low variability in taxonomical terms, as it occurs with other Iberian sites such as L'Arbreda Cave (covering the Mousterian to the Upper Solutrean) (López-García et al., 2015).

From the species identified at Unit V, *Arvicola sapidus*, *Microtus arvalis*, *M. (I.) cabreræ* and *Talpa occidentalis* are not currently located in the municipality of Alcoi.

Taking into account the chorology of the species, our results generally show a trend towards an increment in the number of the species related to Mediterranean requirements, and in parallel a reduction in those with Euro-Siberian affinities (Table 1). Never-

theless, this tendency changes in Upper Unit V-24 Surface 7 (Fig. 3).

4.3. Palaeoenvironmental reconstruction

Habitat Weighting method developed by Whittaker (1948), Rowe (1956) and Gauch (1989) and the available information contained at “Atlas y Libro Rojo de mamíferos terrestres de España” (Palomo et al., 2007), allow us to characterize the small mammal assemblages studied from the Units Xb and V (Upper Unit V-24 Surfaces 7, 8 and 9 and V-25) at El Salt (Table 2). The results show the predominance of woodland habitats throughout the sequence, being represented mainly by

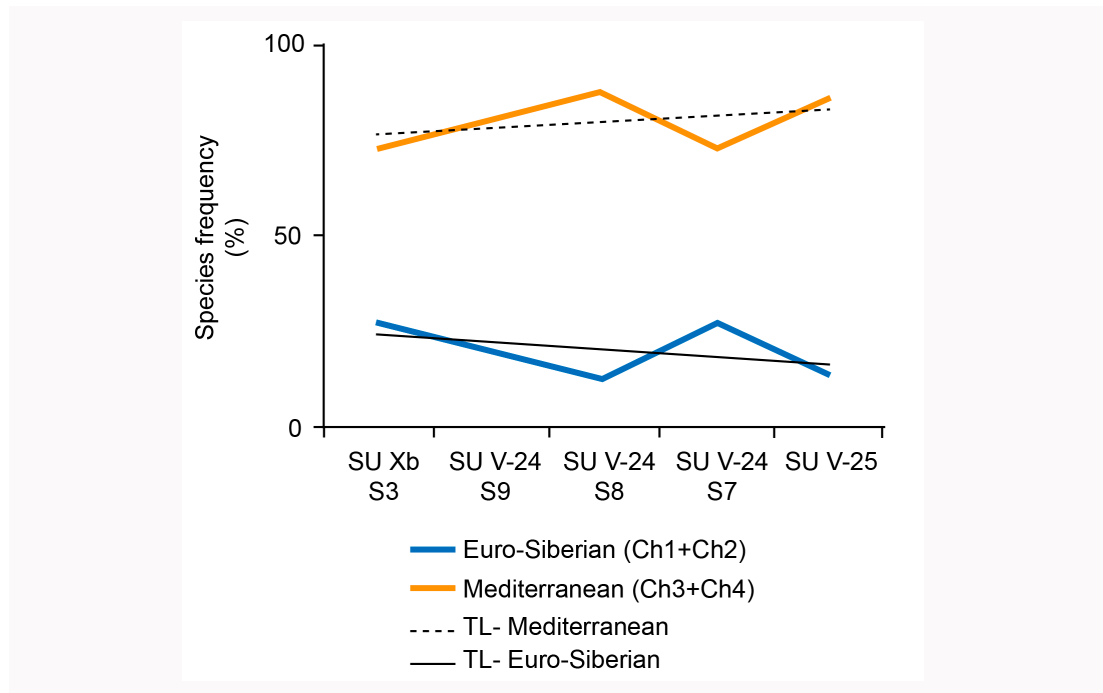


Fig. 3. Species frequency (%) grouped by their chorology for the different assemblages analysed: Mid European requirements and Mediterranean requirements. TL: tendency line; Ch: Chorotype; SU: Stratigraphic Unit; S: Surface (Sans-Fuentes and Ventura (2000), Real et al. (2003) and López-García et al. (2010).

the presence of *Apodemus sylvaticus* (most abundant taxon in the whole of Unit V). Its abundance is only substituted in the younger samples from V-24 Surface 7 and V-25 by more open environment species such as *Oryctolagus cuniculus* and *Microtus arvalis* (Table 2; Fig. 4).

Only in the case of Unit V S.7, values for woodlands are slightly under 50 % (Table 2; Fig. 4). The main differences among the palaeoenvironmental reconstructions rely on water and open dry habitats. Water habitats decrease from the oldest to the youngest association, marked by *Arvicola sapidus*, linked to stable water sources in the surroundings. This species is present in all Unit Xb and V assemblages, except in the youngest sample (Unit V-25). Open dry habitats show the opposite trend: abundance of species associated with open dry environments rise in number through the sequence analysed, especially *Microtus arvalis*, with mid European requirements, cold climates and open landscapes (Sans-Fuentes and Ventura, 2000; Pa-

lomo et al., 2007). Results provided by the small mammals indicate a patchwork landscape, with great variability of habitats (Fig. 3).

In order to know the magnitude and the nature of the relation between habitats and the assemblages, a correspondence analysis was conducted. Distance values along the axis of the correspondence analysis show more proximity to woodland and humid habitats in the older surfaces. Younger samples, palaeoecologically different from the older ones, appear more separated from such habitats. These results show a changing environment in which extreme ecological differences appear in the youngest and the oldest assemblage (Xb and V-25) (Fig. 5b). Rocky and water habitats are the farthest habitats and therefore less represented. However, rocky habitats should have had a relevant weight as the site is located in a huge rock shelter. A possible explanation is that small mammals are more linked to vegetation cover rather than rocky habitats, contrary to

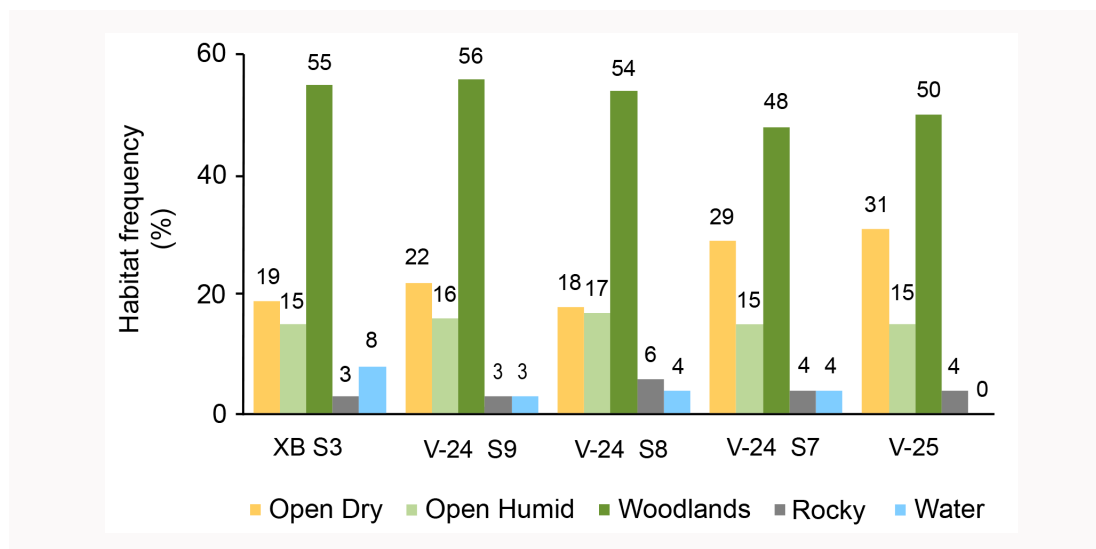


Fig. 4. Palaeoenvironmental reconstruction of the surroundings of El Salt site for each assemblage studied (%) (Whittaker, 1948; Rowe, 1956; Gauch, 1989; Cuenca-Bescós et al., 2005).

XB	V											
	24						25					
	S.3		S.9		S.8		S.7		S.8		S.7	
MNI	%	MNI	%	MNI	%	MNI	%	MNI	%	MNI	%	
<i>E. europaeus</i>	1.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Soricidae indet.	0.0	0.0	1.0	3.2	1.0	4.0	1.0	3.7	0.0	0.0	0.0	
<i>Sorex</i> sp.	1.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<i>Crocidura</i> sp.	1.0	2.8	2.0	6.5	1.0	4.0	2.0	7.4	1.0	7.1	0.5	
Talpidae indet.	1.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<i>T. occidentalis</i>	0.0	0.0	1.0	3.2	0.0	0.0	1.0	3.2	0.0	0.0	0.0	
<i>O. cuniculus</i>	5.0	13.9	4.0	12.9	3.0	12.0	7.0	25.9	3.0	21.4	0.8	
<i>A. sapidus</i>	2.0	5.6	1.0	3.2	1.0	4.0	1.0	3.7	0.0	0.0	0.0	
<i>M. agrestis</i>	1.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<i>M. analis</i>	5.0	13.9	5.0	16.1	3.0	12.0	2.0	7.4	3.0	21.4	0.5	
<i>M. (I.) cabrae</i>	2.0	5.6	3.0	9.7	5.0	20.0	3.0	11.1	1.0	7.1	0.5	
<i>M. (T.) duodecimcostatus</i>	3.0	8.3	3.0	9.7	2.0	8.0	2.0	7.4	2.0	14.3	0.5	
<i>A. sylvaticus</i>	12.0	33.3	9.0	29.0	6.0	24.0	7.0	25.9	3.0	21.4	1	
<i>E. quercinus</i>	2.0	5.6	2.0	6.5	3.0	12.0	2.0	7.4	1.0	7.1	0.5	

Habitat Weighting					
OD	OH	Wo	R	Wo	R
				1	
	0.75	0.25			
	0.5	0.5			
		0.6			
	0.5	0.5			
0.8	0.2				
	0.5	0.5			
0.5		0.5			
	0.5	0.5			
	0.5	0.5			
		1			
	0.5	0.5			

Table 2 Minimum number of individuals, percentage and habitat classification of the species from Units V and Xb from El Salt. The small mammals from Unit V used for Habitat Weighting Method were obtained from water-sieving of the sediments. Species scores according to their distribution for the Habitat Weighting method: Wo, Woodland/Edge-woodland, OD: Open Dry, OH: Open Humid, Wa: Water and R: Rocky (Cuenca-Bescós et al., 2005; Palomo et al., 2007).

what is seen on reptiles. On the other hand, the representation of water habitats is in accordance with Mediterranean climates, where rainfall and therefore water sources are not as abundant (Rivas-Martínez, 1987).

Regarding cluster analysis, two main groups stand out. The older assemblages have been included in one group, in which surfaces from unit V have been placed separately from the older sample from Unit X, denoting different conditions. In the second group, the younger samples are grouped together, reaching the highest similarity values between excavation Surfaces 9 and 8 ($< 0,005$) (Fig. 5a).

The correspondence analysis and cluster analysis show clear different conditions for the upper assemblages (S7 and V-25) (Fig. 5a), deflected to more open and arid environments in regard to the lower levels (Fig. 5b). Thus, there is a palaeoecological trend from a more closed and humid habitat to a more open landscape in the span between the older and the younger assemblages.

Compared to other MIS 3 Iberian archaeological sites (Abric Romaní, L'Arbreda Cave, Canyars, Teixoneres, Cova dels Xaragalls, Cova del Gegant, Goram's Cave and Cova Eirós) (López-García et al., 2008, 2012a, 2012b, 2014, 2015; González-Sampéris et al., 2010; Rey-Rodríguez et al., 2016), available palaeoenvironmental data are in agreement with our results: landscapes were dominated by open-forest formations in all cases. Overall, previous research has led to interpretation of NE Iberia MIS 3 palaeoenvironments featuring a transition from more forested conditions at the beginning of this period to more open and colder environments towards the end (López-García et al., 2012a; López-García et al., 2014; López-García et al., 2015; Fernández-García et al., 2016). At L'Arbreda Cave, a reduction in MAP and woodland landscapes as well as an increment of the MAT has been documented the same chronology (López-García et al., 2015). Li-

kewise, the results obtained in assemblages from El Salt Unit Xb to Unit V also show a tendency to reduction of the forest cover and the development of more open environments (Fig. 3).

On the other hand, results for biodiversity through the Simpson Index show values for the different samples analysed ranging from 0.83 to 0.85. These values indicate high diversity in all the samples, which are relatively equally distributed. Comparing our results with other contexts of similar chronology in the East of the Iberian Peninsula, the former would be similar to those from Mousterian level I at L'Arbreda Cave (level I: 0.84) (López-García et al., 2015), Galls Carboners level H3 (0.83) (López-García et al., 2014) and the Aurignacian level 2 at Cova Eirós (level 2: 0.84) (Rey-Rodríguez et al., 2016). The most significant differences can be observed between the values of El Salt excavation surfaces and those of Mousterian level 3 at Cova Eirós (Level 3: 0.88) (Rey-Rodríguez et al., 2016) and, especially Cova del Rinoceront level VII (level VII: 0.69) where the assemblage is dominated by *A. cf. sylvaticus* (López-García et al., 2016).

4.4. Palaeoclimatic reconstruction

The bioclimatic variables extracted for the final overlapping area where all species inhabit nowadays, allow us to estimate climatic conditions of the surroundings of Alcoi along the time span represented between El Salt Units Xb and V. All the associations represented in the interval of time analysed in this work show colder conditions than these recorded at the municipality of Alcoi nowadays (13.64 ± 0.83 °C) (Table 3). Nevertheless, regarding rainfall, MAP values obtained for all the samples are very similar to present conditions. Applying the MER method to samples S9, S8, S7 and V-25, we observed that temperature and mean annual precipitation are generally maintained (Table 3). However, if we compare the values for Unit V with the

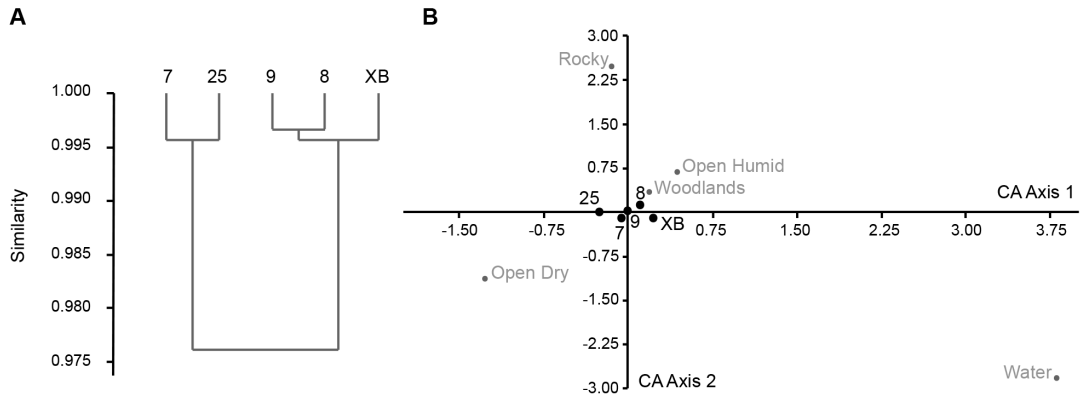


Fig. 5. Cluster analysis (A) and correspondence analysis (B) from the El Salt assemblages.

older unit, temperatures are slightly higher for the upper Unit and precipitation is lower. The younger association (V-25) shows a relatively low MTC (similar to the colder conditions obtained for Unit Xb), the lowest values of rainfall among the studied assemblages from Unit V and one of the highest values of MAT and MTW recorded at El Salt (Table 3).

Comparing these palaeoclimatic values from other sites with a similar chronology (Abric Romaní, Cova dels Xaragalls, Canyars and L'Abreda) (Table 4), the tendency observed in the time span represented between Unit Xb and V of El Salt is coincident with the trend shown in levels I-H from L'Arbreda Cave, with an age 45,840-38,290 cal. BP, where MAP and woodlands decrease while MAT increases (López-García et al., 2015).

The average for the MAT values obtained in the different excavation surfaces studied at El Salt (10.87 °C) are more similar to the values registered for Cova dels Xaragalls levels C5 and C8 (López-García et al., 2012a) and Abric Romaní level N (Burjachs et al., 2012). These levels have been assigned by these authors to distinct interstadials (IS): IS 15-16 for Abric Romaní level N and Cova dels Xaragalls C8, and IS 13-14 for Cova dels Xaragalls level C5. Regarding the MAP, the previous mentio-

ned levels show similar values to the average for the MAP values (556.59 mm) obtained at Unit V from El Salt. However, other levels also display similar values: Canyars, which has been related to H4 event (López-García et al., 2013), Abric Romaní level J, related to H5 event and K, L and M levels from the same site, which correspond to IS 14 (Burjachs et al., 2012) (Table 4). Clear differences are seen with some levels showing cold climatic conditions such as L'Arbreda Level I, which has been related to a cold period between IS 12-10 (López-García et al., 2015); Cova dels Xaragalls C3 and C4, recognized as a H5, also display a considerable difference with the assemblages studied here (López-García et al., 2012a). It seems that our climatic results display a better match with values from levels (from other sites) of a similar chronology linked to interstadials.

Given the climatic values estimated for the Mediterranean region along MIS 3, the climatic parameters obtained here can be placed between values considered for cold and temperate stages, although nearer to temperate ones (Sánchez-Goñi and d'Errico, 2005).

	XB		V			NOW
	S3	24			25	
		S9	S8	S7	-	
MAT	10.3	10.7	11.08	10.7	11.03	13.64
SD	1.1	1.5	1.3	1.5	1.27	0.83
Δ	-3.34	-2.94	-2.56	-2.94	-2.61	0
MTW	25.55	26.43	27.28	26.43	27.27	28.49
SD	1.68	2.47	2.06	2.47	1.99	0.59
Δ	-2.94	-2.06	-1.21	-2.06	-1.22	0
MTC	-0.79	-0.67	-0.66	-0.67	-0.76	1.69
SD	1.17	1.36	1.09	1.36	1.13	0.81
Δ	-2.48	-2.36	-2.35	-2.36	-2.45	0
MAP	656.8	578.02	538.48	578.02	531.83	543.46
SD	136.91	173.46	149.55	173.46	140.75	32.99
Δ	113.34	34.56	-4.98	34.56	-11.63	0

Table 3. Values of temperature (° C) and precipitation (mm) for the sequence analysed obtained by MER method and current situation. MAT (mean annual temperature); MTW (maximum temperature of warmest month); MTC (minimum temperature of coldest month); MAP (mean annual precipitation); NOW (current situation). SD (standard deviation of values obtained); Δ (difference between the values obtained by analysing the small mammals and current values).

4.5. Thermoclimatic belts

Using ArcGIS software, we linked the areas of the Iberian Peninsula in which the mutual distribution range of the species represented in Unit V overlap and the vegetation maps of Spain (Rivas-Martínez, 1987). The thermoclimatic belts represented in the mutual distribution range comprise from the subalpine to the mesomediterranean belts, where the mesomediterranean (MAT: 13 to 17°C, m: 1 to 4°C, M: 9 to 14°C) and supramediterranean (MAT: 8 to 13°C, m: 4 to e1°C, M 2 to 9°C) stages prevail (Fig. 6). Comparing values for Unit V with those of Unit Xb, a clear change in thermoclimatic belts representation is observed: the supramediterranean belt was predominant in the older unit (Xb), while the mesomediterranean belt remains the most recurrent one in Unit V. The clearly dominant thermoclimatic stage nowadays in the region is the mesomediterranean stage, while the supramediterranean stage occupies restric-

ted higher areas, mainly in the Font Roja Natural Park and nearby zones (Fagoaga et al., 2018) (Fig. 1). The absence of the rodent *Microtus agrestis* in the younger units could be explained by the predominance of Mediterranean conditions, which are avoided by this species (Gosálbez and Luque-Larena, 2007). Currently, *M. agrestis* can be found through the Euroasiatic region, while it is absent from every area with mediterranean influence. Thus, in regards to the Iberian Peninsula, it is present in the northern third mainly occupying meadows and grasslands with Mid European conditions (Palomo et al., 2007).

4.6. Palaeoclimatic and palaeoenvironmental approach

Palaeoenvironmental conditions represented at Unit V of El Salt (chronologically situated between H4 and H5 events) draw a scenario characterized by a drier period with lower mean annual precipitations and higher pre-

sence of open dry meadows (Fig. 7D,E) than those of the Unit Xb (Fagoaga et al., 2018). In the same way, results derived from applying the MER method, show a transition from the prevailing supramediterranean (Unit Xb) to mesomediterranean (Unit V) stage, also indicating a change in palaeoecological conditions. In this time span, a deterioration of the climate from temperate and wet conditions to more arid climate occurred. This data together with the increment of Mediterranean species (Fig. 3) matches with percentage values for Mediterranean forest in the SW Iberian margin (Sánchez-Goñi et al., 2008) (Fig. 7B). These results are consistent with different proxies studied at the site as well as others from other sites with the same

chronology. Accordingly, in Unit V where the assemblages came from, is associated with aeolian sedimentation (Mallol et al., 2012), possibly related with an increase of wind intensity documented for the Mediterranean region and related with changes in the atmosphere circulation over the North Atlantic region during the D/O stadials and HE (Moreno et al., 2002). TL dating of the roof spall episode and sedimentary deposit in the middle of Unit V falls within a H5 time span (Galván et al., 2014b). This event would have occurred after the final Neanderthal abandonment of the site and could be related to cold climatic conditions (Mallol et al., 2012). Moreover, the organic compounds identified and values obtained for the n-alkane chain

SITE	LEVEL	MAT	MAP	Δ MAT	Δ MAP
Abric Romaní	E	7.8	809.00	-3.08	252.41
Abric Romaní	J	9.8	719.00	-1.08	162.41
Abric Romaní	K	9.8	719.00	-1.08	162.41
Abric Romaní	L	9.8	719.00	-1.08	162.41
Abric Romaní	M	9.8	719.00	-1.08	162.41
Abric Romaní	N	10.7	734.00	-0.18	177.41
Abric Romaní	O	7.8	1009.00	-3.08	452.41
Arbreda	B	9.6	926.70	-1.28	370.11
Arbreda	C	9	850.00	-1.88	293.41
Arbreda	H	8.4	950.00	-2.48	393.41
Arbreda	I	6	1500.00	-4.88	943.41
Canyars	-	10.11	757.60	-0.77	201.01
Xaragalls	C3	7.92	1092.00	-2.96	535.41
Xaragalls	C4	8	925.00	-2.88	368.41
Xaragalls	C5	10.36	664.00	-0.52	107.41
Xaragalls	C6	8	950.00	-2.88	393.41
Xaragalls	C7	8.67	900.00	-2.21	343.41
Xaragalls	C8	10.48	729.00	-0.40	172.41

Table 3. Values of temperature (°C) and precipitation (mm) for the sequence analysed obtained by MER method and current situation. MAT (mean annual temperature); MTW (maximum temperature of warmest month); MTC (minimum temperature of coldest month); MAP (mean annual precipitation); NOW (current situation). SD (standard deviation of values obtained); Δ (difference between the values obtained by analysing the small mammals and current values).

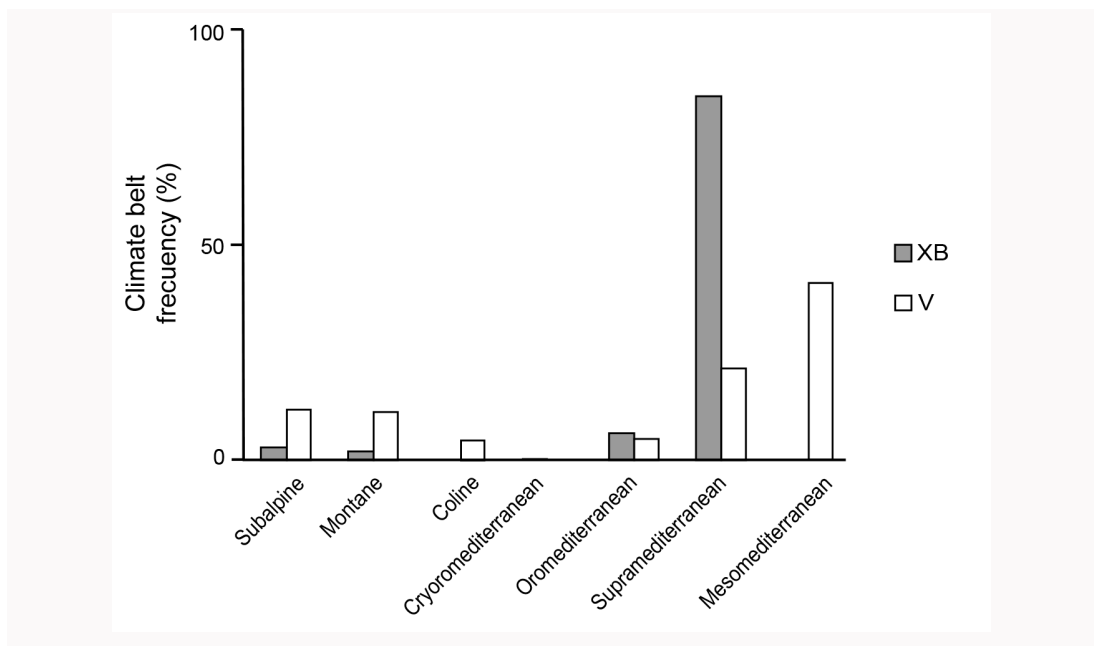


Fig. 6. Thermoclimatic belts represented in Units Xb and V of El Salt according to Rivas-Martínez (1987).

length ratios point to evidence in the same direction (Galván et al., 2014b).

A strong coupling between environmental dynamics from the continental interior and marine records has been recorded for central Iberia during MIS 2 and 4 (Wolf et al., 2018). Nevertheless, in central Iberia loess deposition between 35 and 50 ka does not seem to follow a synchronous behaviour of both types of environments. Instead, these authors identified loess dynamics between H5 and H4 (around 41.3 ± 4.0 ka to 43 ± 3.8 ka), without any evidence for Neanderthal survival in the entire Iberian interior after 42 ka (Wolf et al., 2018). They hypothesize the end for the Middle Palaeolithic in this region around that date, corresponding to serious regional climatic deterioration, leading a sparse vegetation cover, which would have affected the availability of key resources for Neanderthals.

A lack of major changes in species diversity in spite of progressive climate deterioration and the fact that only relative abundances changed (Tables 1 and 2), suggests that climate deterioration did not cause a significant effect in small mammal communities. Mediterranean influence could play an important role in softening of the climate compared to other regions of the Iberian Peninsula. However, mean annual temperatures for this period were around three degrees less than at present (Table 2). A very similar situation has been recorded at other sites of similar age as L'Arbreda Cave, Cueva del Conde, Gorham's Cave, Cueva Amalda or El Mirón where none of the mentioned sites indicates a major break in the microvertebrate associations related with climatic events, with only changes in the relative percentage representations among different taxa (López-García et al., 2015 and references therein). Facing the different moments of Neanderthal's disappearance at the Iberian macro-region (Fig. 7C),

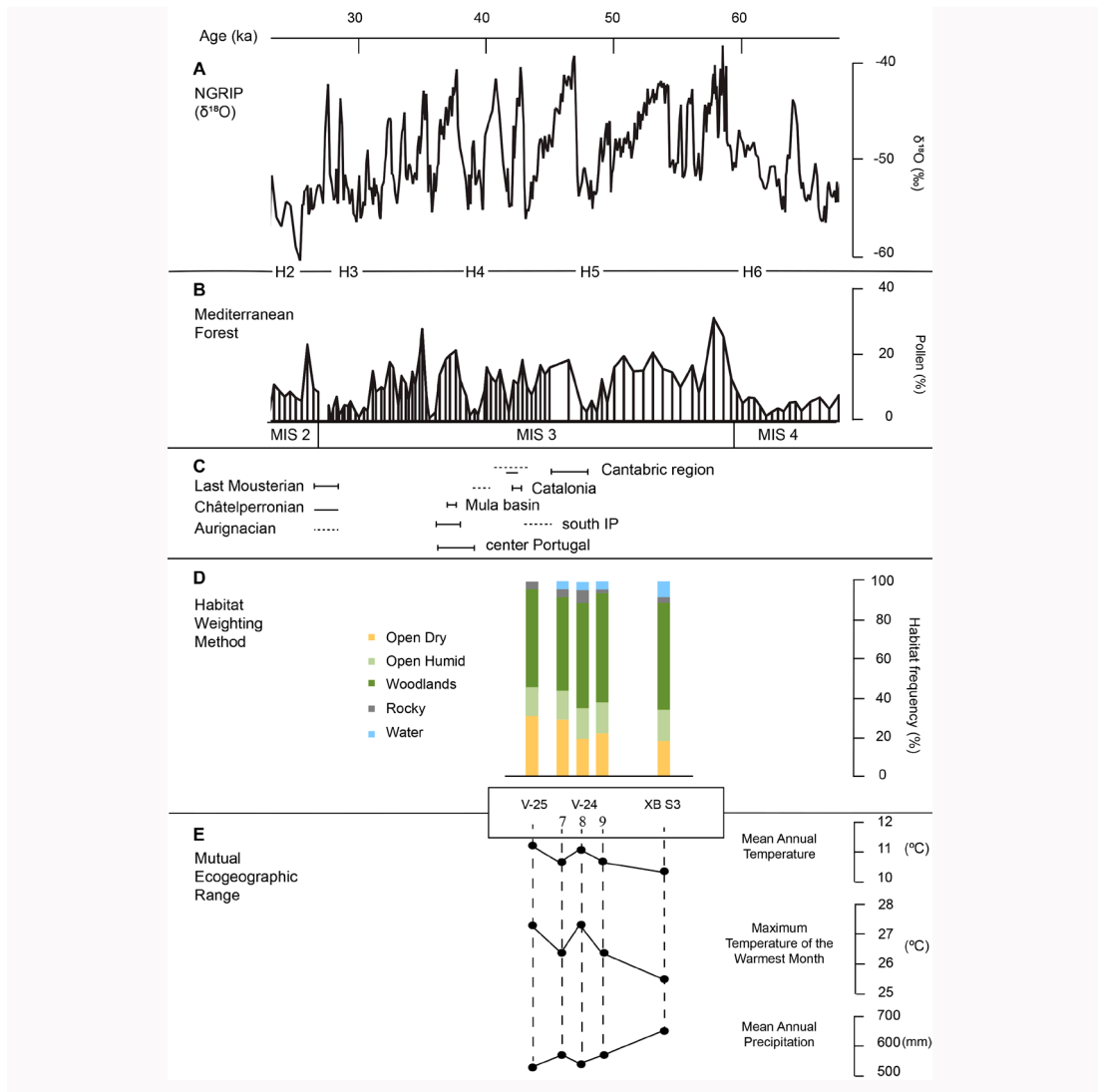


Fig. 7. Palaeoclimatic and paleoenvironmental proxies for MIS 3 and part of MIS 2 and MIS 4, latest Mousterian occupations and chronologies of Châtelperronian and Aurignacian of the Iberian Peninsula. A) Greenland temperature curve (100 years resolution) derived from air and water isotopic measurements (Andersen et al., 2004). B) Pollen percentage curve of the Mediterranean forest (deciduous and evergreen *Quercus*, *Olea*, *Phillyrea*, *Pistacia* and *Cistus*) (Sánchez-Gofí et al., 2008). C) Last Mousterian evidences and chronologies of Châtelperronian and Aurignacian in the Iberian Peninsula (IP) (Higham, 2011; Maroto et al., 2012; Daura et al., 2013; Zilhão et al., 2017; Marín-Arroyo et al., 2018; Cortés-Sánchez et al., 2019). D) Palaeoenvironmental reconstruction of the surroundings of El Salt site for each assemblage studied (%). OH: Open Humid; OD: Open Dry; Wa: Water; R: Rocky; Wo: Woodland. E) Palaeoclimatic reconstruction of the surroundings of El Salt site for each assemblage studied. MAT: Mean Annual Temperature; MTW: Maximum Temperature of Warmest month; MAP: Mean Annual Precipitation.

elucidating the context and the causes at the different regions appears as requisite for understanding the reasons that drove these human groups to the end of their evolutionary history. Overall, climatic deterioration as documented here could represent conditions preceding Heinrich Event 4. Further analysis combining different disciplines are necessary to build up a more accurate picture of the climates and landscapes related to Neanderthal demise for the studied region.

5. Conclusions

The study of small mammals from Stratigraphic Unit V allowed us to draw the following conclusions:

- The species *Crocidura* sp., *Oryctolagus cuniculus*, *Microtus arvalis*, *M. (I.) cabrae*, *M. (T.) duodecimcostatus*, *Apodemus sylvaticus* and *Eliomys quercinus* are present in all the excavation surfaces analysed. However, *Arvicola sapidus* is present in all except from the youngest assemblage, UE V-25. On the other hand, *Talpa occidentalis* and *Sciurus vulgaris* were only recorded in Surfaces 9 and 7. *Sorex* has only been found in Surface 7, although remains associated to a soricid also have been identified in the other V-24 surfaces (Unit V). Compared to the older unit (Unit Xb), *Erinaceus europaeus* and *Microtus agrestis* which appear at Unit Xb, are not present in Unit V.
- Preliminary taphonomic observation of small mammal remains suggests that the European eagle owl (*Bubo bubo*) as the most plausible agent for the concentration of this assemblage.
- The segment of human depopulation registered at El Salt Unit V is characterized by a palaeoclimatic context where the MAT value is 2.76 °C less than the MAT at El Salt nowadays, and an average MAP value of 13.13 mm less than the current situation. Regarding palaeoenvironmental conditions, woodlands

dominated the landscape, although an increase to a more open and arid environment is recorded for the top of Unit V.

- The conditions mentioned above are coincident with the worsening scenario described for the disappearance of Neanderthal groups in different regions of the Iberian Peninsula as other proxies have previously shown.
- Given the diachronous and regional nature of the disappearance of Neanderthals, the results from this study place El Salt as a reference site for understanding this important bioanthropological event in the East of the Iberian Peninsula.

Acknowledgements

Research at El Salt is funded by the Spanish Government project eHAR2015-68321-P (MINECO FEDER/UE), UV-INV_AE17-708551 (University of Valencia) and Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport from the Valencian government. This investigation was also carried out thanks to the Prometeo Project of the Secretariat for Higher Education, Science, Technology and Innovation from Ecuador and the University of La Laguna (Tenerife, Spain). We would like to thank the whole team of El Salt for their effort and dedication during the field excavations and laboratory tasks. We also thank the Alcoi Archaeological Museum and the Town Hall of Alcoi for their support and finally, the anonymous reviewers who helped improve the paper.

References

- Andersen, K.K., Azuma, N., Barnola, J.M., Bigler, M., Biscaye, P., Caillon, N., Chappellaz, J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Fischer, H., Flückiger, J., Fritzsche, D., Fujii, Y., Goto-Azuma, K., Grønbold, K., Gundestrup, N.S., Hansson, M., Huber, C., Hvidberg, C.S., Johnsen, S.J., Jonsell, U., Jouzel, J., Kipfstuhl, S., Landais, A., Leuenberger, M., Lorrain, R., Masson-Delmotte, V., Miller, H., Motoyama, H., Narita, H., Popp, T., Rasmussen, S.O., Raynaud, D., Rothlisberger, R., Ruth, U., Samyn, D., Schwander, J., Shoji, H., Siggard Andersen, M.-L., Steffensen, J.P., Stocker, T., Sveinbjörnsdóttir, A.E., Svensson, A., Takata, M., Tison, J.-L., Thorsteinsson, Th., Watanabe, O., Wilhelms, F., White, J.W.C., 2004. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* 431 (7005), 147–151.
- Andrews, P., 1983. Small mammal faunal diversity at Olduvai Gorge, Tanzania. In: Clutton-Brock, J., Grigson, C. (Eds.), *Animals and Archaeology*, Vol. 1, Hunters and Their Prey. British Archaeological Reports. 163. pp. 77–85.
- Andrews, P., 1990. *Owls, Caves and Fossils*. Natural History Museum Publications, London.
- Andrews, P., Evans, E.N., 1983. Small mammal bone accumulations produced by mammalian carnivores. *Paleobiology* 9, 289–307.
- Banks, W.E., d’Errico, F., Peterson, A.T., Kageyama, M., Sima, A., Sánchez-Goñi, M.F., 2008. Neanderthal extinction by competitive exclusion. *PLoS One* 3, 3972. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003972>.
- Blain, H.-A., Bailon, S., Cuenca-Bescós, G., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2009. Long-term climate record inferred from Early-Middle Pleistocene amphibian and squamate reptile assemblages at the Gran Dolina cave, Atapuerca, Spain. *J. Hum. Evol.* 56, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.08.020>.
- Blain, H.-A., Lozano-Fernández, I., Agustí, J., Bailon, S., Menéndez, L.G., Espígares, P.O.M., Ros-Montoya, S., Jiménez, J.M.A., Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Sala, R., 2016. Redefining upon the climatic background of the early Pleistocene hominid settlement in western Europe: barranco León and Fuente Nueva-3 (Guadix-Baza basin, SE Spain). *Quat. Sci. Rev.* 144, 132–144. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.05.02>.
- Burjachs, F., Julià, R., 1996. Palaeoenvironmental evolution during the Middle-Upper Palaeolithic transition in the NE of the Iberian Peninsula. In: Carbonell, E., Vaquero, M. (Eds.), *The Last Neanderthals, the First Anatomically Modern Humans: A Tale About the Human Diversity*. Cultural Change and Human Evolution: The Crisis at 40 ka BP. Universita Rovira i Virgili, Tarragona, pp. 377–383.
- Burjachs, F., López-García, J.M., Allué, E., Blain, H.A., Rivals, F., Bennàsar, M., Expósito, I., 2012. Palaeoecology of Neanderthals during Dansgaard-Oeschger cycles in northeastern Iberia (Abric Romaní): from regional to global scale. *Quat. Int.* 247, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.01.035>.
- Chaline, J., 1988. Paleocronòmetres, paleotermòmetres i paleoindicadors dels entorns prehistòrics, els rossegadors irremplaçables. *Cota zero* 4, 61–64.
- Cortés-Sánchez, M., Jiménez-Espejo, F.J., Simón-Vallejo, M.D., Stringer, C., Lozano Francisco, M.C., García-Alix, A., Vera Peláez, J.L., Odriozola, C.P., Riquelme-Cantal, J.A., Parrilla Giráldez, R., Maestro González, A., Ohkouchi, N., Morales-Muñiz, A., 2019. An early Aurignacian arrival in southwestern Europe. *Nature Ecology & Evolution* 3, 207–212.
- Cuenca-Bescós, G., Rofes, J., García-Pimienta, J.C., 2005. Early Europeans and environmental change across the Early-Middle Pleistocene transition: small mammalian evidence from Trinchera Dolina cave, Atapuerca, Spain. In: Head, M.J., Gibbard, P.L. (Eds.), *Early-Middle Pleistocene Transitions: The Land Ocean Evidence*. vol. 247. Special Publications, London, pp. 277–286. Geological Society of London.
- Cuenca-Bescós, G., Strauss, L.G., González Morales, M.R., García Pimienta, J.C., 2009. The reconstruction of past environments through small mammals: from the Mousterian to the Bronze Age in el Mirón Cave (Cantabria, Spain). *J. Archaeol. Sci.* 36, 947–955. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.09.025>.

- Cunha, P.P., Martins, A.A., Buylaert, J.-P., Murray, A.S., Gouveia, M.P., Font, E., Pereira, T., Figueiredo, S., Ferreira, C., Brigland, D.R., Yang, P., Stevaux, J.C., Mota, R., 2019. The Lowermost Tejo River Terrace at Foz do Enxarrique, Portugal: a palaeoenvironmental Archive from c. 60–35 ka and its implications for the last Neanderthals in Westernmost Iberia. *Quaternary*, 2, 1–29.
- Daams, R., 1981. The dental pattern of the dormice *Dryomys*, *Myomimus*, *Microdryomys* and *Peridyromys*. *Utrecht Micropaleontological Bulletins. Special Publications* 3, 1–115.
- Daura, J., Sanz, M., García, M., Allué, E., Vaquero, M., Fierro, E., Carrión, J.S., López-García, J.M., Blain, H.A., Sánchez Marco, A., Valls, C., Albert, R.M., Fornós, J.J., Julià, R., Fullola, J.M., Zilhao, J., 2013. Terrasses de la Riera dels Canyars (Gavà, Barcelona): the landscape of Heinrich Stadial 4 north of the “Ebro frontier” and implications for modern human dispersal into Iberia. *Quat. Sci. Rev.* 60, 26–48.
- Delany, M.J., 1976. *The Ecology of Small Mammals*. Edward Arnold, London.
- d’Errico, F., Sánchez-Goñi, M.F., 2003. Neanderthal extinction and the millennial-scale climatic variability of OIS 3. *Quat. Sci. Rev.* 22, 769–788. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(03\)00009-X](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(03)00009-X).
- Djindjian, F., 1993. Les origines du peuplement Aurignacien en Europe. In: Banesz, L., Kozłowski, J.K. (Eds.), *Aurignacien en Europe occidentale et au Proche Orient*. Actes du XII Congrès International des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques 2. Institut Archeologique de l’Académie Slovaque des Sciences, Bratislava, pp. 136–154.
- Fagoaga, A., Ruiz-Sánchez, F.J., Galván, B., Hernández, C., Mallol, C., 2015. El yacimiento Pleistoceno de El Salt (Alcoy, Alicante) y sus faunas de microvertebrados: estudio preliminar. In: Sanchis, A., Pascual, J.L. (Eds.), *II Jornades d’Arqueozoologia*. Museu de Prehistòria de València, València, pp. 209–222.
- Fagoaga, A., Ruiz-Sánchez, F.J., Laplana, C., Blain, H.-A., Marquina, R., Marin-Monfort, M.D., Galván, B., 2018. Palaeoecological implications of Neanderthal occupation at Unit Xb of El Salt (Alcoy, eastern Spain) during MIS 3 using small mammals proxy. *Quat. Int.* 481, 101–112. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.10.024>.
- Fernández-García, M., López-García, J.M., Lorenzo, C., 2016. Palaeoecological implications of rodents as proxies for the Late Pleistocene–Holocene environmental and climatic changes in northeastern Iberia. *CR Palevol* 15, 707–719. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2015.08.005>.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., 1992. Small mammal taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. *J. Archaeol. Sci.* 19, 407–428.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., Denys, C., Sesé, C., Stoetzel, E., Marin-Monfort, D., Pesquero, D., 2016. Taphonomy for taxonomists: implications of predation in small mammal studies. *Quat. Sci. Rev.* 139, 138–157. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.03.016>.
- Finlayson, C., Fa, D.A., Finlayson, G., Pacheco, F.G., Vidal, J.R., 2004. Did the moderns kill off the Neanderthals? A reply to F. d’Errico and Sánchez Goñi. *Quat. Sci. Rev.* 23, 1205–1209.
- Finlayson, C., Giles-Pacheco, F., Rodríguez-Vidal, J., Fa, D.A., Gutiérrez-López, J.M., Pérez, A.S., Finlayson, G., Allué, E., Baena-Preysler, J., Cáceres, I., Carrión, J.S., Fernández-Jalvo, Y., Gleed-Owen, C.P., Jiménez-Espejo, F.J., López, P., López Sáez, J.A., Riquelme-Cantal, J.A., Sánchez-Marco, A., Giles-Guzmán, F., Brown, K., Fuentes, N., Valarino, C.A., Villalpando, A., Stringer, C.B., Martínez-Ruiz, F., Sakamoto, T., 2006. Late survival of Neanderthals at the southernmost extreme of Europe. *Nature* 443, 850–853.
- Freudenthal, M., 2004. Gliridae (Rodentia, Mammalia) from the Eocene and Oligocene of the Sierra Palomera (Teruel, Spain). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona* 12, 97–173.
- Fumanal, M.P., 1994. El yacimiento musteriense de El Salt (Alcoy, País Valenciano). Rasgos geomorfológicos y climatoestratigrafía de sus registros. *Saguntum-PLAV*, 27, 39–55.
- Furió, M., 2007. Los insectívoros (Soricomorpha, Erinaceomorpha, Mammalia) del Neógeno Superior del Levante Ibérico. Ph. D. Thesis. Universitat Autònoma de Barcelona, Spain.
- Galván, B., Hernández, C.M., Francisco, M.I.,

- Rodríguez, A., 2006. Datos para la caracterización del final del Musteriense en los Valles de Alcoi. In: Cabrera Valdés, V., Bernaldo de Quirós Guidotti, F., Maíllo Fernández, J.M. (Eds.), *En el Centenario de la Cueva de El Castillo: El Ocaso de los Neandertales*. Centro Asociado a la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) en Cantabria, Santander, pp. 127–141.
- Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Machado, J., Sistiaga, A., Molina, F.J., Pérez-Luis, L., Afonso, R., Garralda, M.D., Mercier, N., Morales, J.V., Sanchis, A., Tarrío, A., Gómez, J.A., Rodríguez, A., Abreu, I., Vidal, P., 2014a. El Salt. Últimos Neandertales de la montaña alicantina (Alcoi, España). In: Sala Ramos, R. (Ed.), *Los cazadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el Estrecho de Gibraltar*. Universidad de Burgos and Fundación Atapuerca, Burgos, pp. 385–388.
- Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Mercier, N., Sistiaga, A., Soler, V., 2014b. New evidence of early Neanderthal disappearance in the Iberian peninsula. *J. Hum. Evol.* 75, 16–27.
- Garralda, M.D., Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Gómez, J.A., Maureille, B., 2014. Neanderthals from El Salt (Alcoi, Spain) in the context of the latest middle paleolithic populations from the southeast of the Iberian Peninsula. *J. Hum. Evol.* 75, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.02.019>.
- Gauch, H.G., 1989. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- González-Sampériz, P., Leroy, S.A., Carrión, J.S., Fernández, S., García-Antón, M., Gil-García, M.J., Uzquiano, P., Valero-Garcés, B.L., Figueiral, I., 2010. Steppes, savannahs, forests and phytodiversity reservoirs during the Pleistocene in the Iberian Peninsula. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 162, 427–457. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.03.009>.
- Gosálbez, J., Luque-Larena, J.J., 2007. *Microtus agrestis*. In: Palomo, L.J., Gisbert, J., Blanco, J.C. (Eds.), *Atlas de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. SECEM and SECEMU, Madrid, pp. 434–436.
- Hernández-Fernández, M., Peláez-Campomanes, P., 2005. Quantitative palaeoclimatic inference based on terrestrial mammal faunas. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 14, 39–56. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2004.00125.x>.
- Higham, T., 2011. European Middle and Upper Palaeolithic radiocarbon dates are often older than they look: problems with previous dates and some remedies. *Antiquity* 85, 235–249. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00067570>.
- Higham, T., Douka, K., Wood, R., Ramsey, C.B., Brock, F., Basell, L., Camps, M., Arrizabalaga, A., Baena, J., Barroso-Ruiz, C., Bergman, C., Boitard, C., Boscato, P., Caparrós, M., Conard, N.J., Driaily, C., Froment, A., Galván, B., Gambassini, P., García-Moreno, A., Grimaldi, S., Haesaerts, P., Holt, B., Iriarte-Chiapusso, M.-J., Jelinek, A., Jordá Pardo, J.F., Maíllo-Fernández, J.-M., Marom, A., Maroto, J., Menéndez, M., Metz, L., Morin, E., Moroni, A., Negrino, F., Panagopoulou, E., Peresani, M., Pirson, S., de la Rasilla, M., Riel-Salvatore, J., Ronchitelli, A., Santamaria, D., Semal, P., Slimak, L., Soler, J., Soler, N., Villaluenga, A., Pinhasi, R., Jacobi, R., 2014. The timing and spatiotemporal patterning of Neanderthal disappearance. *Nature* 512, 306–309.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25, 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>.
- Holmes, J.A., Atkinson, T., Darbyshire, D.F., Horne, D.J., Joordens, J., Roberts, M.B., Sinka, K.J., Whittaker, J.E., 2010. Middle Pleistocene climate and hydrological environment at the Boxgrove hominin site (West Sussex, UK) from ostracod records. *Quat. Sci. Rev.* 29, 1515–1527. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.02.024>.
- Jaarola, M., Martínková, N., Günduz, I., Brunhoff, C., Zima, J., Nadachowski, A., Amori, G., Bulatova, N.S., Chondropoulos, B., Fragedakis-Tsolis, S., González Esteban, J., López-Fuster, M.J., Kandaurov, A.S., Kefelioglu, H., Mathias, M.L., Villate, I., Searle, J., 2004. Molecular phylogeny of the species vole genus *Microtus* (Arvicolinae, Rodentia) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Mol. Phylogenetics Evol.* 33, 647–663. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2004.07.015>.
- Jeannet, M., 2000. Gruta da Figueira Brava:

- les rongeurs. *Memorias da Academia das Ciências de Lisboa. Classe de Ciências* 38, 179–243.
- Kolodny, O., Feldman, M.W., 2017. A parsimonious neutral model suggests Neanderthal replacement was determined by migration and random species drift. *Nat. Commun.* 18, 1040.
- Laplana, C., Sevilla, P., 2013. Documenting the biogeographic history of *Microtus cabreræ* through its fossil record. *Mammal Rev.* 43, 309–332.
- Leierer, L., Jambrina-Enríquez, M., Herrera-Herrera, A.V., Connolly, R., Hernández, C.M., Galván, B., Mallol, C., 2019. Insights into the timing, intensity and natural setting of Neanderthal occupation from the geoarchaeological study of combustion structures: a micromorphological and biomarker investigation of El Salt, unit Xb, Alcoy, Spain.
- PLoS ONE 14 (4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214955>.
- Leroyer, C., 1988. Des occupations castelperroniennes et aurignaciennes dans leur cadre chrono-climatique. In: Otte, M. (Ed.), *L'Homme de Néandertal*. 8. ERAUL, Liège, pp. 103–108.
- Leroyer, C., Leroi-Gourhan, A., 1983. Problèmes de chronologie: le castelperronien et l'aurignacien. *Bulletin de la Société Préhistorique Française. Comptes Rendus des Séances Mensuelles Paris* 80, 41–44.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Cuenca-Bescós, C., Arsuaga, J.L., 2008. Chronological, environmental, and climatic precisions on the Neanderthal site of the Cova del Gegant (Sitges, Barcelona, Spain). *J. Hum. Evol.* 55, 1151–1155. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.08.001>.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Cuenca-Bescós, G., Ruiz-Zapata, M.B., Dorado-Valiño, M., Gil-García, M.J., Valdeolmillos, A., Ortega, A.I., Carretero, J.M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2010. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of the latest Pleistocene of El Portalón site, Sierra de Atapuerca, northwestern Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 292, 453–464. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.04.006>.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Bennàsar, M., Euba, I., Bañuls, S., Bischoff, J., López-Ortega, E., Saladié, P., Uzquiano, P., Vallverdú, J., 2012a. A multiproxy reconstruction of the palaeoenvironment and palaeoclimate of the Late Pleistocene in northeastern Iberia: Cova dels Xaragalls, Vimbodí-Poblet, Paratge Natural de Poblet, Catalonia. *Boreas* 41, 235–249. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2011.00234.x>.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Burjachs, F., Ballesteros, A., Allué, E., Cueva-Ruiz, G.E., Rivals, F., Blasco, R., Morales, J.I., Rodríguez Hidalgo, A., Carbonell, E., Serrat, D., Rosell, J., 2012b. A multidisciplinary approach to reconstructing the chronology and environment of southwestern European Neanderthals: the contribution of Teixoneres cave (Moià, Barcelona, Spain). *Quat. Sci. Rev.* 43, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.04.008>.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Morales, J.I., Lorenzo, C., Bañuls-Cardona, S., Cuenca-Bescós, G., 2013. Small-mammal diversity in Spain during the late Pleistocene to early Holocene: climate, landscape, and human impact. *Geology* 41, 267–270. <https://doi.org/10.1130/G33744.1>.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Bennàsar, M., Fernández-García, M., 2014. Environmental and climatic context of Neanderthal occupation in southwestern Europe during MIS3 inferred from the small-vertebrate assemblages. *Quat. Int.* 326, 319–328. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.010>.
- López-García, J.M., Soler, N., Maroto, J., Soler, J., Alcalde, G., Galobart, A., Bennàsar, M., Burjachs, F., 2015. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of the latest Pleistocene of L'Arbreda cave (Serinyà, Girona, northeastern Iberia) inferred from the small-mammal (insectivore and rodent) assemblages. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 435, 244–253. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.06.022>.
- López-García, J.M., Fernández-García, M., Blain, H.-A., Sanz, M., Daura, J., 2016. MIS 5 environmental and climatic reconstruction in northeastern Iberia using the smallvertebrate assemblage from the terrestrial sequence of Cova del Rinoceront (Castelldefels, Barcelona). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*

- Palaeoecol. 451, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.03.015>.
- Machado, J., Pérez, L., 2016. Temporal frameworks to approach human behaviour concealed in Middle Palaeolithic palimpsests: a high-resolution example from El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Quat. Int.* 417, 66–81. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.050>.
- Machado, J., Molina, F.J., Hernández, C.M., Tarrío, A., Galván, B., 2017. Using lithic assemblage formation to approach Middle Palaeolithic settlement dynamics: El Salt stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Archaeol. Anthropol. Sci.* 9, 1715–1743. <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0318-z>.
- Magurran, A.E., 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Oxford.
- Mallof, C., Hernández, C.M., Machado, J., 2012. The significance of stratigraphic discontinuities in Iberia Middle-to-Upper Palaeolithic transitional sites. *Quat. Int.* 275, 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.026>.
- Mallof, C., Hernández, C.M., Cabanes, D., Sistiaga, A., Machado, J., Rodríguez, A., Pérez, L., Galván, B., 2013. The black layer of Middle Paleolithic combustion structures. Interpretation and archaeostratigraphic implications. *J. Archaeol. Sci.* 40, 2515–2537. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.017>.
- Marín-Arroyo, A.B., Ríos-Garaizar, J., Straus, L.G., Jones, J.R., de la Rasilla, M., González-Morales, M.R., Richards, M., Altuna, J., Mariezkurrena, K., Ocio, D., 2018. Chronological reassessment of the Middle to Upper Paleolithic transition and Early Upper Paleolithic cultures in Cantabrian Spain. *PLoS One* 13 (4), e0194708. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194708>.
- Maroto, J., Vaquero, M., Arrizabalaga, A., Baena, J., Baquedano, E., Jordá, J., Julià, R., Montes, R., Van Der Plicht, J., Rasines, P., Wood, R., 2012. Current issues in late Middle Palaeolithic chronology: New assessments from Northern Iberia. *Quat. Internat.* 47, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.007>.
- Marquina, R., Fagoaga, A., Crespo, V.D., Ruiz-Sánchez, F.J., Bailon, S., Hernández, C.M., Galván, B., 2017. Amphibians and squamate reptiles from the stratigraphic unit Xb of El Salt (Middle Palaeolithic; Alcoy, Spain): palaeoenvironmental and palaeoclimatic implications. *Spanish Journal of Palaeontology* 32, 291–312.
- Mellars, P.A., 1992. Archaeology and the population-dispersal hypothesis of modern human origins in Europe. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 337, 225–234.
- Meulen, A., 1973. Middle Pleistocene smaller mammals from the Monte Peglia (Italy) with special reference to the phylogeny of *Microtus* (Arvicolidae, Rodentia). *Quaternaria* 17, 1–144.
- Molina, F.J., 2016. El sílex del prebético y cuencas neógenas en Alicante y sur de Valencia: su caracterización y estudio aplicado al Paleolítico medio (Ph. D. Thesis). Universidad de Alicante, Spain.
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Prins, M.A., Sánchez-Gofí, M.F., Grimalt, J.O., Weltje, G.J., 2002. Saharan dust transport and high-latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record. *Quat. Res.* 58, 318–328. <https://doi.org/10.1006/qres.2002.2383>.
- Palomo, L.J., 1999. *Microtus caberae* Thomas 1906. In: Mitchell-Jones, A.J., Amori, G., Bogdanowicz, W., Kryštufek, B., Reijnders, P.J.H., Spitzenberger, F., Stubbe, M., Thissen, J.B.M., Vohralík, V., Zima, J. (Eds.), *Atlas of European Mammals*. Academic Press, London, pp. 230–231.
- Palomo, L.J., Gisbert, J., 2002. *Atlas de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Conservación de la Naturaleza. SECEM and SECEMU, Madrid.
- Palomo, L.J., Gisbert, J., Blanco, J.C., 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. SECEM and SECEMU, Madrid.
- Pérez, L., Sanchis, A., Hernández, C.M., Galván, B., Sala, B., Mallof, C., 2017. Hearths and bones: an experimental study to explore temporality in archaeological contexts based on taphonomical changes in burnt bones. *J. Archaeol. Sci. Rep.* 11, 287–309. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.036>.
- Rabeder, G., 1981. Die Arvicoliden (Rodentia, Mammalia) aus dem Pliozän und dem älteren Pleistozän von Niederösterreich. *Beiträge zur Paläontologie Österreich* 8, 1–373.
- Real, R., Guerrero, J.C., Márquez, A.L., Olivero, J.,

- Vargas, J.M., 2003. Tipificación corológica de los micromamíferos ibéricos en relación con Europa y África. *Graellsia* 59, 287-298.
- Reumer, J.W.F., 1984. Rusician and early Pleistocene Soricidae (Insectivora, Mammalia) from Tegelen (the Netherlands) and Hungary. *Scr. Geol.* 73, 1-173.
- Rey-Rodríguez, I., López-García, J.M., Bennasar, M., Bañuls-Cardona, S., Blain, H.-A., Blanco-Lapaz, Á., Rodríguez-Álvarez, X.-P., de Lombera-Hermida, A., Díaz-Rodríguez, M., Ameijenda-Iglesias, A., Agustí, J., Fábregas-Valcarce, R., 2016. Last Neanderthals and first Anatomically Modern Humans in the NW Iberian Peninsula: climatic and environmental conditions inferred from the Cova Eirós small-vertebrate assemblage during MIS 3. *Quat. Sci. Rev.* 151, 185-197. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.08.030>.
- Ríos, L., Kivell, T.L., Lalueza-Fox, C., Estalrich, A., García-Taberner, A., Huguet, R., Quintino, Y., de la Rasilla, M., Rosas, A., 2019. Skeletal anomalies in the Neandertal family of El Sidrón (Spain) support a role of inbreeding in Neanderthal extinction. *Sci. Rep.* 9, 1-11.
- Rivas-Martínez, S., 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España [escala] 1: 400.000. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio, ICONA, Madrid.
- Rodríguez-Cintas, Á., Cabanes, D., 2015. Phytolith and FTIR studies applied to combustion structures: the case of the Middle Paleolithic site of El Salt (Alcoi, Alicante). *Quat. Int.* 431, 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.043>.
- Rowe, J.S., 1956. Uses of underground plant species in forestry. *Ecology* 37, 461-473.
- Sánchez-Goñi, M.F., d'Errico, F., 2005. La historia de la vegetación y el clima del último ciclo climático (OIS5-OIS1, 140.000-10.000 BP) en la Península Ibérica y su posible impacto sobre los grupos paleolíticos. In: Lasheras Corruchaga, J.A., Montes Barquín, R. (Eds.), Neandertales cantábricos, estado de cuestión: actas de la reunión científica celebrada en el Museo de Altamira los días 20-22 de octubre de 2004. Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira, Santillana de Mar, pp. 115-129.
- Sánchez-Goñi, M.F., Landais, A., Fletcher, W.J., Naughton, F., Desprat, S., Duprat, J., 2008. Contrasting impacts of Dansgaard-Oeschger events over a western European latitudinal transect modulated by orbital parameters. *Quat. Sci. Rev.* 27, 1136-1151.
- Sans-Fuentes, M.A., Ventura, J., 2000. Distribution patterns of the small mammals (Insectivora and Rodentia) in a transitional zone between the Eurosiberian and the Mediterranean regions. *J. Biogeogr.* 27, 755-764. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00421.x>.
- Sistiaga, A., Mallol, C., Galván, B., Everett, R., 2014. The neanderthal meal: a new perspective using faecal biomarkers. *PLoS One* 9, e101045. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101045>.
- Staubwasser, M., Drăguşin, V., Onac, B.P., Assonov, S., Ersek, V., Hoffmann, D.L., Veres, D., 2018. Impact of climate change on the transition of Neanderthals to modern humans in Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 115, 9116-9121.
- Stewart, J.R., 2005. The ecology and adaptation of Neanderthals during the non-analogue environment of oxygen isotope stage 3. *Quat. Int.* 137, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2004.11.018>.
- Stoddart, D.M., 1979. *Ecology of Small Mammals*. Chapman and Hall, London.
- Strauss, L.G., 2018. The Upper Paleolithic of Iberia. *Trab. Prehist.* 75, 9-51.
- Van der Weerd, A., 1976. Rodents Faunas of the Mio-Pliocene Sediments of the Teruel-Alfambra Region. Spain. *Utrecht Micropaleontological Bulletins Special Publication* 2, 1-217.
- Vidal-Matutano, P., 2017. Firewood and hearths: middle palaeolithic woody taxa distribution from el Salt, stratigraphic unit Xb (eastern Iberia). *Quat. Int.* 457, 74-84. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.040>.
- Vidal-Matutano, P., Pérez-Jordà, G., Hernández, C.M., Galván, B., 2018. Macrobotanical evidence (wood charcoal and seeds) from the Middle Palaeolithic site of El Salt, Eastern Iberia: palaeoenvironmental data and plant resources catchment areas. *J. Archaeol. Sci.* 19, 454-464. <https://doi.org/10.1016/j.jas-rep.2018.03.032>.

- Villa, P., Roebroeks, W., 2014. Neandertal demise: an archaeological analysis of the modern human superiority complex. *PLoS One* 9, e96424. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096424>.
- Whittaker, R.H., 1948. *A Vegetation Analysis of the Great Smoky Mountains* (Ph. D. Thesis). University of Illinois, USA.
- Wilson, D.E., Reeder, D.M., 2005. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Wolf, D., Kolb, T., Alcaraz-Castaño, M., Heinrich, S., Baumgart, P., Calvo, R., Sánchez, J., Ryborz, K., Schäfer, I., Bliedtner, M., Zech, R., Zöller, L., Faust, D., 2018. Climate deteriorations and Neanderthal demise in interior Iberia. *Sci. Rep.* 8, 7048. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25343-6>.
- Zilhão, J., 1993. Le passage du Paléolithique moyen au Paléolithique supérieur dans le Portugal. In: Cabrera Valdés, V. (Ed.), *El origen del hombre moderno en el Suroeste de Europa*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, pp. 127–145.
- Zilhão, J., 2013. Neandertal–Modern Human Contact in Western Eurasia: Issues of Dating, Taxonomy, and Cultural Associations. In: Akazawa, T., Nishiaki, Y., Aoki, K. (Eds.), *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1. Replacement of Neanderthals by Modern Humans Series*. Springer, Tokyo.
- Zilhão, J., Anesin, D., Aubry, T., Badal, E., Cabanes, D., Kehl, M., Klasen, N., Lucena, A., Martín-Lerma, I., Martínez, S., Matias, H., Susini, D., Steier, P., Wild, E.M., Angelucci, D.E., Villaverde, V., Zapata, J., 2017. Precise dating of the Middle-to-Upper Paleolithic transition in Murcia (Spain) supports late Neandertal persistence in Iberia. *Heliyon* 3, e00435.

Supplementary Material

Systematic palaeontology

Phylum CHORDATA Bateson, 1885
 Class MAMMALIA Linnaeus, 1758
 Order EULIPOTYPHLA Waddell et al., 1999
 Family Soricidae Fischer, 1817

MATERIAL: 2P (ST-F24-56, ST-F24-734); 1 M1 (ST-F24-107); 3 m1 (ST-F24-241); 1 m2 (ST-F24-758); 1 m3 (ST-F24-732).

Description

P: Reddish pigmentation restricted to the cusp of the tooth. Tetrahedral shape.

M1: The metaloph does not reach the hypocone. There is a well-developed hypoconal flange and a pronounced posterior emargination. The heavy digestion seen cannot allow us to see the relative heights. Recent breakage by its lingual side that hampers the description of that part.

p: Reddish pigmentation restricted to the cusp of the tooth in ST-F24-364. Tetrahedral shape with an accessory cusps. Posterolabial arm connected to the posterolingual side of the tooth.

m1: The talonid is longer than in the genus *Crocidura*. The oblique crest reaches the posterior surface of the trigonid by its central part. The crest of the entoconid is wide and connects with the base of the metaconid. Marked entostylid, with a posterolingual canal separating it from a highly developed entoconid. In occlusal view, the hypolophid is straight and the paralophid is short and straight. It makes a very pronounced inflection in the labial part. The protoconid is the highest cusp. The metaconid occupies a more distal position than the protoconid. The entoconid is very high, having almost the same height as the metaconid and hypo-

conid. The reddish pigmentation affects only the upper parts of the labial and posterior face.

m2: Non pigmented tooth. Short talonids. The oblique crest reaches the posterior part of the trigonid by its labial part. Pronounced entostylid.

m3: Non pigmented tooth. Heavy digestion and high tooth wear. The talonid is not as reduced as the genus *Crocidura*.

Remarks

There are two genus of pigmented shrews during the Late Pleistocene of the Iberian Peninsula, *Neomys* and *Sorex*. Characters seen cannot allow ascribe these elements to one genus or another.

Sorex sp.

MATERIAL: 1 M1-2 (STF-24-755); 1 p (ST-F24-364); 1 m1 (ST-F24-365); 1 m1-2 (ST-F24-368).

Description

a: Reddish pigmentation restricted to the cusp of the tooth. Tetrahedral shape.

m1: Reddish pigmentation restricted to the cusps of the tooth. The crest of the entoconid connects with the metaconid. The oblique crest reaches the posterior surface of the trigonid by its central part. The entostylid is not much pronounced and it is recognised by the presence of a posterolingual channel which separates the entostylid from the entoconid which is very pronounced and high.

M1-2: Pronounced posterior emargination. Reddish pigmentation restricted to the cusps of the tooth. There is a well-developed hypoconal flange. The posterior cingulum is well developed and is presented between the metastyle and the posterior emargination.

Remarks

The elements identified are characterized by the presence of pigmentation in the upper part of the cusps. The molars present a smaller width than the molars from the genus *Neomys*. The other genus present during the Late Pleistocene in the Iberian Peninsula with pigmented molars is the genus *Sorex*. The width of the molars fits in that genus.

Subfamily Crocidurinae Milne-Edwards, 1874
Genus *Crocidura* Wagler, 1832
Crocidura sp.

MATERIAL: 3I (ST-F24-106, ST-F24-108, ST-F24-754); 2 A (ST-F24-166, ST-F25-48); 2 P1 (ST-F24-46, ST-F24-47); 4 M1 (ST-F24-167, ST-F24-240, ST-F24-369, ST-F24-762); 1 M2 (ST-F25-43); 1 M1-M2 (ST-F24-731); 3 M3 (ST-F24-370, ST-F24-757, ST-F24-785, ST-F25-44); 2 Md (ST-F24-109, ST-F24-239); 3 i (ST-F24-108, ST-F24-239a, ST-F24-733); 1 i1 (ST-F24-239a), 3 a (ST-F24-366, ST-F24-367, ST-F24-761); 2 a1 (ST-F24-366, ST-F24-239b); 1 p2-p3 (ST-F25-48); 4 p4 (ST-F24-109a, ST-F24-239c, ST-F25-46, ST-F25-47); 7 m1 (ST-F24-109b, ST-F24-170, ST-F24-171, ST-F24-239d, ST-F24-371, ST-F24-372, ST-F25-45), 2 m2 (ST-F24-57a, ST-F24-109c).

Description

I1: Non pigmented tooth. The apex is elongated, relatively narrow, and never fisident. The dorsal margin of the tooth is quite curved, as the margin that connects to the talon. No cingulum is observed.

A: Non pigmented tooth. Tetrahedral shape without accessory cusps or posterior arms.

M1: The metaloph does not reach the hypocone. There is a well-developed hypoconal flange and a pronounced posterior emargination. The mesostyle is continuous. The paracrest is the shortest crest in the ectoloph. The metastyle is long. The posterior

cingulum is well developed and is presented between the metastyle and the posterior emargination. The metacone and the protocone are higher than the paracone. The ectoloph is very asymmetric.

M2: The metaloph does not reach the hypocone. There is a well-developed hypoconal flange. The mesostyle is continuous. The posterior cingulum is well developed and is presented between the metastyle and the posterior emargination. The metacone and the protocone are higher than the paracone. The ectoloph is enough symmetric.

M3: Non pigmented tooth. The anterior cingulum is weak and ends near to the parastyle. The mesostyle is continuous and the postmetacresta is long.

i1: Acuspulate. The occlusal part of the tooth is practically straight, until a little before the anterior end of the incisor, where it presents a slight curvature. The lower margin is a little more curved than the upper margin. A thin cingulum that separates the root of the crown is patent in its part labial.

a: Non pigmented tooth. Tetrahedral shape without accessory cusps or posterior arms.

p4: Non pigmented tooth. Tetrahedral shape without accessory cusps or posterior arms.

m1: Short talonids. The oblique crest does not reach the posterior surface of the trigonid by its central part, it reaches in a labial position. The crest of the entoconid connects with the metaconid. Not pronounced entostylid.

m2: Non pigmented tooth. Short talonids. The oblique crest reaches the posterior part of the trigonid by its central part, although slightly in a more labial position. The crest of the entoconid connects with the metaconid.

Not pronounced entostylid. The trigonid depression is less open than in the first lower molar. It does not present constriction in the cingulum by its labial part.

m3: Non pigmented tooth. The talonid is reduced to small crest.

Remarks

The elements identified are characterized by the absence of pigmentation and the upper molars are extended labio-lingually, which are typical features of the genus *Crocidura* (Furió, 2007). This is the only genus of shrews with unpigmented teeth during the Late Pleistocene of the Iberian Peninsula, with two species, *C. russula* and *C. suaveolens*, recorded at this time interval. The absence of constriction in the cingulum is not enough to ascribe the remains to the species level. For this reason, that material is identified as *Crocidura* sp.

Family Talpidae

Genus *Talpa* Linnaeus, 1758

Talpa occidentalis Linnaeus, 1758

MATERIAL: 1 p (ST-F24-379); 1 M3 (ST-F24-373); 1 humerus (ST-F24-887).

Description:

p: It only has one central cusp located in the anterior side. No cingulum.

M3: The outline of the occlusal surface is triangular. Its anterior arm ends against the anterior side of the paracone. The protoconule is absent. The anterior arm of the paracone is somewhat longer than the posterior arm. The end of the anterior arm bends and forms a slightly protruding parastyle. The mesostyle is divided. The two cusplets stand close together. The anterior arm of the metacone is slightly larger than the posterior arm of the paracone. There are no cingulums.

Humerus: Very robust, with a very broad diaphysis and much modified epiphyses (not simple). Humeral head rather elliptical.

Remarks:

The measurements of the proximal epiphysis of the humerus fall under the values of current and fossils populations from *Talpa europaea* (Robert, 1983). Regarding the length of the humerus, it falls within the values of *T. occidentalis* (Niethammer, 1990; Van Cleef-Rodgers and Ostende, 2001) as well as the distal epiphysis (Niethammer, 1990). Together with the fact that the mesostyle (M3) is divided, it allow us to describe the described material as *Talpa occidentalis*.

Order Lagomorpha Brandt, 1855

Family Leporidae Fischer, 1817

Genus *Oryctolagus* Linnaeus, 1758

Oryctolagus cf. *cuniculus* Linnaeus, 1758

MATERIAL: 1 I/i (ST-F24-691); 79 I (ST-F24-102, ST-F24-128 to ST-F24-131, ST-F24-164, ST-F24-165, ST-F24-232 to ST-F24-235, ST-F24-357, ST-F24-358, ST-F24-421, ST-F24-471, ST-F24-472, ST-F24-474, ST-F24-479, ST-F24-480, ST-F24-514, ST-F24-524, ST-F24-537, ST-F24-538, ST-F24-548, ST-F24-549, ST-F24-554, ST-F24-566, ST-F24-569, ST-F24-572, ST-F24-582, ST-F24-589, ST-F24-600, ST-F24-603, ST-F24-608, ST-F24-609, ST-F24-611, ST-F24-614, ST-F24-615, ST-F24-622 to ST-F24-627, ST-F24-635, ST-F24-638, ST-F24-642, ST-F24-689, ST-F24-692, ST-F24-703, ST-F24-709, ST-F24-710, ST-F24-716, ST-F24-825, ST-F24-836, ST-F24-838, ST-F24-841, ST-F24-854, ST-F24-869, ST-F24-875, ST-F24-881, ST-F24-885, ST-F24-898 to ST-F24-900, ST-F24-907, ST-F24-914, ST-F24-921, ST-F24-923, ST-F24-926, ST-F24-958, ST-F24-1008, ST-F24-1012, ST-F25-51 to ST-F25-56, ST-F25-61); 1 I2 (ST-F24-486), 12 P2 (ST-F24-61, ST-F24-62, ST-F24-103, ST-F24-236 to ST-F24-238, ST-F24-688,

ST-F24-876, ST-F24-888, ST-F24-913, ST-F24-920, ST-F25-49); 2 P3 (ST-F24-904, ST-F24-927a); 1 M1 (ST-F24-927b); 1 M2 (ST-F24-927c); 6 M3 (ST-F24-468, ST-F24-477, ST-F24-487, ST-F24-874, ST-F24-961, ST-F25-57); 141 Upper Molariforms (ST-F24-458 to ST-F24-467, ST-F24-475, ST-F24-476, ST-F24-482 to ST-F24-485, ST-F24-491 to ST-F24-504, ST-F24-697, ST-F24-699, ST-F24-700, ST-F24-702, ST-F24-704 to ST-F24-708, ST-F24-711, ST-F24-713, ST-F24-788, ST-F24-789, ST-F24-823, ST-F24-824, ST-F24-829, ST-F24-830, ST-F24-833, ST-F24-834, ST-F24-837, ST-F24-842, ST-F24-851, ST-F24-856, ST-F24-859, ST-F24-860, ST-F24-864, ST-F24-867, ST-F24-870, ST-F24-871, ST-F24-879, ST-F24-882, ST-F24-889, ST-F24-890, ST-F24-892, ST-F24-894 to ST-F24-896, ST-F24-901 to ST-F24-906, ST-F24-908, ST-F24-909, ST-F24-915, ST-F24-916 to ST-F24-919, ST-F24-931 to ST-F24-934, ST-F24-936 to ST-F24-938, ST-F24-943, ST-F24-946 to ST-F24-948, ST-F24-950 to ST-F24-952, ST-F24-954 to ST-F24-957, ST-F24-960, ST-F24-962 to ST-F24-967, ST-F24-969 to ST-F24-975, ST-F24-978, ST-F24-983, ST-F24-984, ST-F24-987, ST-F24-988, ST-F24-992 to ST-F24-994, ST-F24-997, ST-F24-1001 to ST-F24-1005, ST-F24-1007, ST-F24-1009, ST-F24-1010, ST-F24-1013 to ST-F24-1015, ST-F24-1023 to ST-F24-1025, ST-F25-66 to ST-F25-71); 1 M3 (ST-F24-468); 6 Md (ST-F24-66, ST-F24-67, ST-F24-998, ST-F24-1016, ST-F24-1019, ST-F25-62); 1 i (ST-F25-53); 9 i (ST-F24-481, ST-F24-712, ST-F24-819, ST-F24-826, ST-F24-852, ST-F24-853, ST-F24-862, ST-F24-893, ST-F25-53); 1 a1 (ST-F24-239b); 1 p2 (ST-F24-1006); 24 p3 (ST-F24-64, ST-F24-65, ST-F24-66a, ST-F24-104, ST-F24-362, ST-F24-363, ST-F24-444, ST-F24-660, ST-F24-673, ST-F24-827, ST-F24-865, ST-F24-891, ST-F24-941, ST-F24-942, ST-F24-945, ST-F24-949, ST-F24-953, ST-F24-989, ST-F24-995, ST-F24-998a, ST-F24-1018,

ST-F24-1019a, ST-F24-1022, ST-F25-50); 3 p4 (ST-F24-66b, ST-F24-67a, ST-F24-998b); 3 m1 (ST-F24-66c, ST-F24-67b, ST-F24-1017); 1 m1 (ST-F24-831a); 3 m2 (ST-F24-66d, ST-F24-67c; ST-F24-831b); 12 m3 (ST-F24-477, ST-F24-787, ST-F24-828, ST-F24-849, ST-F24-863, ST-F24-935, ST-F24-976, ST-F24-986, ST-F24-1011, ST-F25-58 to ST-F25-60); 3 md (ST-F24-831, ST-F24-855; ST-F25-62); 32 Lower Molariforms (ST-F24-469, ST-F24-470, ST-F24-478; ST-F24-488, ST-F24-489, ST-F24-490, ST-F24-693, ST-F24-790, ST-F24-843 to 845, ST-F24-850, ST-F24-868, ST-F24-877, ST-F24-897, ST-F24-911, ST-F24-925, ST-F24-939, ST-F24-968, ST-F24-977, ST-F24-979 to 982, ST-F24-985, ST-F24-990, ST-F24-991, ST-F24-996, ST-F24-1021, ST-F25-63 to ST-F25-65); 1 md-p3 (ST-F24-698).

Description

I: The anterior lobes have a strong convexity and the mesial one is ledge and rounded.

p3: The anteroconids, lingual and vestibular, are very similar in size and shape, well-developed and rounded.

Remarks

The diagnostic elements within the leporids are the upper incisors and third lower premolars (Callou, 1997). The incisors exhibit the typical deep indentation on its labial surface of the lagomorphs, giving place to two lobes on either side of this longitudinal groove. Both lobes are similar in size and rounded in the specimens studied, which is the typical morphology of *Oryctolagus* (Callou 1997). However, third lower premolar is the dental remain with a major morphological differentiation and is usually abundant in the fossil record (de Marfà, 2006). Anteroconids, lingual and vestibular, are very similar, contrary to what it's seen on hares, which are dissymmetric (Donard, 1982). However, the morphology of p3 tends to vary very much and that is

why its biometric measures have been taken into account. The analysis that relates length versus weight shows that values fall within the values of modern *Oryctolagus cuniculus* (de Marfà, 2009). Those characters point us to identify the remains as belonging to the genus *Oryctolagus*. Only one species of this genus is present in the Late Pleistocene of the Iberian Peninsula, *O. cuniculus*. In the absence of more diagnostic elements, we ascribe the remains to *Oryctolagus* cf. *cuniculus*.

Family Sciuridae Gray, 1821
Genus *Sciurus* Linnaeus, 1758
Sciurus vulgaris Linnaeus, 1758

MATERIAL: M3 (ST-F24-651); 1 md (ST-F24-940); 1 m1 (ST-F24-940a); 1 m2 (ST-F24-940b).

Description

M3: Sub triangular shape. Protocone and paracone are the highest cusps and are linked by a marked protoloph. Two weak parallel crests appear from the posterolabial part to the center of the tooth. There is a small mesostyle.

m1: The high tooth wear only allows distinguishing the four main cusps: metaconid, entoconid, hypoconid and protoconid.

m2: The high tooth wear only allows distinguishing the four main cusps and the mesolophid.

Remarks

The morphology and metrics of the remains identified as *Sciurus vulgaris* coincide with the description and measurements of the current species (Cuenca-Bescós et al., 1988).

Order Rodentia Bowdich, 1821
Family Cricetidae Fischer, 1817
Genus *Arvicola* Lacépède, 1799
Arvicola sapidus Miller, 1908

MATERIAL: 3 M1 (ST-F24-511, ST-F24-604, ST-F24-695); 2 M2 (ST-F24-515, ST-F24-832); 4 M3 (ST-F24-282, ST-F24-420, ST-F24-282, ST-F24-883); 3 Md (ST-F24-422, ST-F24-531, ST-F24-822); 7 m1 (ST-F24-422a, ST-F24-522, ST-F24-564, ST-F24-646, ST-F24-696, ST-F24-822a, ST-F24-847); 8 m2 (ST-F24-418, ST-F24-422b, ST-F24-445; ST-F24-531a, ST-F24-597, ST-F24-681; ST-F24-682, ST-F24-822b); 11 m3 (ST-F24-190, ST-F24-290, ST-F24-423, ST-F24-446, ST-F24-535, ST-F24-550, ST-F24-565, ST-F24-619, ST-F24-652, ST-F24-672, ST-F24-290); 1 indeterminate tooth (ST-F24-512).

Description

M1: The teeth are big, hypsodont with no roots and with cement on the re-entrant triangles. The enamel is thicker on the anterior triangles.

M2: The teeth are big, hypsodont with no roots and with cement on the re-entrant triangles. The enamel is thicker on the anterior triangles.

M3: The teeth are big, hypsodont with no roots and with cement on the re-entrant triangles. The enamel is thicker on the anterior triangles.

m1: The teeth are big, hypsodont with no roots and with cement on the re-entrant triangles. It has a posterior loop, three closed triangles and an anterior complex formed by triangles t4 and t5 which are opposite, confluent and opened to a anterior loop. The enamel is thicker on the posterior triangles.

m2: The teeth are big, hypsodont with no roots and with cement on the re-entrant triangles. The enamel is thicker on the posterior triangles. There is a big confluence between t3-t4.

m3: The teeth are big, hypsodont with no roots and with cement on the re-entrant triangles. The enamel is thicker on the posterior triangles. There is a big confluence between t1-t2 and t3-t4.

Remarks

The typical traits of the genus *Arvicola* are the big size of the molars and the thick enamel. The thicker enamel in the anterior triangles in the upper molars or the thicker enamel in the posterior triangles in the lower molars led us ascribe the material to *Arvicola sapidus* (López Martínez, 1980).

Genus *Microtus* Schrank, 1798

Microtus (Microtus) arvalis Pallas, 1779

MATERIAL: 2 M2 (ST-F24-629, ST-F24-840); 7 M3 (ST-F24-151, ST-F24-277, ST-F24-278, ST-F24-407, ST-F24-450, ST-F24-676, ST-F25-24); 2 md (ST-F24-546, ST-F24-668); 24 m1 (ST-F24-44, ST-F24-98, ST-F24-99, ST-F24-408, ST-F24-424, ST-F24-508, ST-F24-518, ST-F24-541, ST-F24-557, ST-F24-617, ST-F24-633, ST-F24-653, ST-F24-668a, ST-F24-670, ST-F24-671, ST-F24-686, ST-F24-735, ST-F24-776, ST-F24-804, ST-F24-848, ST-F25-28, ST-F25-29, ST-F25-31, ST-F25-32); 17 m2 (ST-F24-49, ST-F24-157, ST-F24-160, ST-F24-191, ST-F24-289, ST-F24-291, ST-F24-409, ST-F24-530, ST-F24-546a, ST-F24-559, ST-F24-645, ST-F24-687, ST-F24-717, ST-F24-736, ST-F24-774, ST-F24-835, ST-F25-35); 8 m3 (ST-F24-54, ST-F24-101, ST-F24-293, ST-F24-411, ST-F24-442, ST-F24-570, ST-F25-38, ST-F25-39).

Description

M3: It is composed by four lingual boucles and three labial boucles. It has three closed triangles that are not confluent with the posterior complex.

m1: The teeth have five closed triangles (T1 to T5), the buccal triangles reach a similar

development than the labial ones, and the anterior complex has a symmetrical appearance, with T6 and T7 well developed.

m2: It has no roots. The teeth are hypsodont, with cement on the reentrant triangles. T3 and T4 are not confluent.

m3: It has no roots. The teeth are hypsodont, with cement on the reentrant triangles. T1-T2 and T3-T4 are confluent and the angles are not sharp. There is a big labiolingual asymmetry, the labial triangles are very narrow and small.

Remarks

The transverse symmetry of the molars is a diagnostic feature of *M. arvalis*. Moreover, the absence of the internal posterior lobe on the second upper molars of the sample allows discarding the presence of a morphologically close species, *M. agrestis* (Dienske, 1969; Nadachowski, 1984).

Microtus (Iberomys) cabreræ Miller, 1908

MATERIAL: 30 M1 (ST-F24-30, ST-F24-33, ST-F24-35, ST-F24-93, ST-F24-122, ST-F24-267, ST-F24-270 to ST-F24-272, ST-F24-404, ST-F24-426, ST-F24-447, ST-F24-509, ST-F24-517, ST-F24-520, ST-F24-529, ST-F24-571, ST-F24-575, ST-F24-576, ST-F24-581, ST-F24-592, ST-F24-593, ST-F24-596, ST-F24-628, ST-F24-630, ST-F24-634, ST-F24-640, ST-F24-656, ST-F24-674, ST-F24-678, ST-F24-694); 8 M2 (ST-F24-39, ST-F24-40, ST-F24-187, ST-F24-274, ST-F24-540, ST-F24-595, ST-F24-738, ST-F25-37); 1 M1-2 (ST-F24-435); 8 M3 (ST-F24-50, ST-F24-412, ST-F24-527, ST-F24-718, ST-F24-719, ST-F24-857, ST-F24-806, ST-F25-25); 39 m1 (ST-F24-47, ST-F24-155, ST-F24-163, ST-F24-189, ST-F24-280, ST-F24-281, ST-F24-283, ST-F24-284, ST-F24-427, ST-F24-451, ST-F24-453, ST-F24-455, ST-F24-507, ST-F24-519,

ST-F24-521, ST-F24-523, ST-F24-528, ST-F24-532, ST-F24-542, ST-F24-560, ST-F24-561, ST-F24-579, ST-F24-598, ST-F24-613, ST-F24-618, ST-F24-632, ST-F24-641, ST-F24-643, ST-F24-666, ST-F24-684, ST-F24-685, ST-F24-690, ST-F24-775, ST-F24-777, ST-F24-801, ST-F24-803, ST-F24-805, ST-F24-839, ST-F24-858); 14 m2 (ST-F24-51, ST-F24-161, ST-F24-410, ST-F24-430, ST-F24-431, ST-F24-454, ST-F24-534, ST-F24-543, ST-F24-551, ST-F24-562, ST-F24-661, ST-F24-720, ST-F24-737, ST-F25-34); 2 m1/m2 (ST-F24-714, ST-F24-786); 5 m3 (ST-F24-53, ST-F24-55, ST-F24-192, ST-F24-505, ST-F24-533).

Description

M1: The teeth are hypsodont with no roots. The reentrant angles have cement. There is a big labio-lingual asymmetry and the triangles are acute.

M2: The teeth are hypsodont with no roots. The reentrant angles have cement. There is a big labio-lingual asymmetry and the triangles are acute.

M3: The teeth are hypsodont with no roots. The reentrant angles have cement. There is a big labio-lingual asymmetry.

m1: The teeth are broken, hypsodonts and with no roots. The reentrant angles have cement. There is a big asymmetry of the ACC. Presence of a hint of BRA4 in five out of eight specimens, two out of eight specimens without BRA4 and one out of eight with a clear BRA4. LRA 3 and BRA 3 alternate. T4 and T5 are not confluent. The triangles are acute.

m2: The teeth are hypsodont with no roots. The reentrant angles have cement. There is a big labio-lingual asymmetry, being the lingual salients markedly longer in a lateromedial direction and more acute than the labials.

m3: The teeth are hypsodont with no roots. Reentrant angles with cement. There is a big labio-lingual asymmetry. First and second triangles are closed as morphotype I from Ayarzagüena and López Martínez (1976) in two out of three specimens. In the third specimen T1-T2 are totally confluent and BRA1 and LRA2 are placed opposite as morphotype III (Ayarzagüena and López Martínez, 1976).

Remarks

The molars assigned to *Microtus (Iberomys) cabreræ* show acute salient angles and abundant cement in the re-entrant angles. The first lower molars have five closed triangles and an anterior lobe triangular in shape. The buccal triangles are shorter than the lingual ones, giving to the molar a moderately asymmetrical appearance. This transverse asymmetry is less developed than in *M. brecciensis*, whose first lower molars are markedly asymmetric. All these characters allow including the material of El Salt in the species *M. (I.) cabreræ*.

Microtus (T.) duodecimcostatus De Selys-Longchamps, 1839

MATERIAL: 8 M3 (ST-F24-43, ST-F24-97, ST-F24-152, ST-F24-286, ST-F24-436, ST-F24-553, ST-F24-664, ST-F24-718); 1 Md (ST-F25-27); 19 m1 (ST-F24-46, ST-F24-125, ST-F24-154, ST-F24-285, ST-F24-417, ST-F24-437, ST-F24-439, ST-F24-440, ST-F24-578, ST-F24-590, ST-F24-606, ST-F24-639, ST-F24-657, ST-F24-662, ST-F24-802, ST-F24-861, ST-F25-27a, ST-F25-30, ST-F25-33); 13 m2 (ST-F24-158, ST-F24-159, ST-F24-287, ST-F24-419, ST-F24-429, ST-F24-438, ST-F24-441, ST-F24-591, ST-F24-594, ST-F24-601, ST-F24-658, ST-F24-663, ST-F25-27b); 6 m3 (ST-F24-52, ST-F24-162, ST-F24-294, ST-F24-663, ST-F24-739, ST-F24-740).

Description

M3: There are no roots. The teeth are hypso-

dont, with cement on the reentrant triangles. There is a great confluence between T2 and T3 and the second buccal triangle is shorter than the other buccal triangles.

m1: It has three closed triangles (T1 to T3), whereas T4 and T5 are opposite and broadly confluent, creating a diamond-shaped dentine field called pitymyan rhombus. This rhombus is inclined backwards. The anteroconid complex is formed also by two opposed and confluent triangles (T6, T7), creating a second rhombus that opens widely to an anterior lobe which is ovoid and rounded.

m2: It has no roots. The teeth are hypsodont, with cement on the reentrant triangles. T3 and T4 are confluent and the angles are not sharp.

m3: It has no roots. The teeth are hypsodont, with cement on the reentrant triangles. T3 and T4 are confluent and the angles are not sharp. There is a big labiolingual asymmetry.

Remarks

The first lower molars have three closed triangles (T1 to T3), whereas T4 and T5 are opposite and broadly confluent, creating a diamond-shaped dentine field called pitymyan rhombus, typical of the genus *Terricola*. That character together with the great confluence of T2-T3 and the short second buccal triangle are typical from the group of species *Microtus* sp. gr. *M. (Terricola) duodecimcostatus-lusitanicus*. Both species can be distinguished from each other by the morphology of the first lower molars (Brunet-Lecomte et al., 1987). The breadth of the anterior lobe and the slope of the pitymyan rhombus allow us to ascribe these specimens to the species *Microtus (Terricola) duodecimcostatus*.

Microtus (Terricola) duodecimcostatus-arvalis

MATERIAL: 41 M1 (ST-F24-34, ST-F24-36, ST-F24-94, ST-F24-95, ST-F24-100, ST-F24-184, ST-F24-268, ST-F24-269, ST-F24-403, ST-F24-425, ST-F24-428, ST-F24-432, ST-F24-433, ST-F24-448, ST-F24-544, ST-F24-545, ST-F24-555, ST-F24-563, ST-F24-567, ST-F24-577, ST-F24-586, ST-F24-602, ST-F24-605, ST-F24-610, ST-F24-741, ST-F24-742, ST-F24-647, ST-F24-649, ST-F24-654, ST-F24-677, ST-F24-679, ST-F24-683, ST-F24-873, ST-F24-878, ST-F24-880, ST-F25-13 to ST-F25-18); 28 M2 (ST-F24-37, ST-F24-38, ST-F24-96, ST-F24-123, ST-F24-124, ST-F24-186, ST-F24-273, ST-F24-275, ST-F24-276, ST-F24-288, ST-F24-405, ST-F24-406, ST-F24-413, ST-F24-434, ST-F24-449, ST-F24-587, ST-F24-588, ST-F24-655, ST-F24-721, ST-F24-722, ST-F24-743, ST-F24-886, ST-F25-19 to ST-F25-23, ST-F25-36), 1 M1-M2 (ST-F24-715), 1 m2 (ST-F24-580).

Description

M1: It has no roots. The teeth are hypsodont, with cement on the reentrant triangles. The triangles are closed.

M2: It has no roots. The teeth are hypsodont, with cement on the reentrant triangles. The triangles are closed.

Remarks

The morphology described is typical of the genus *Microtus*. The preservation of those remains has not allowed assigning them to the species of that genus identified in the site.

Family Muridae Fischer, 1817

Genus *Apodemus* Kaup, 1829

Apodemus sylvaticus Linnaeus, 1758

MATERIAL: 1 teeth (ST-F24-356), 10 Mx (ST-F24-1, ST-F24-199, ST-F24-200,

ST-F24-583, ST-F24-631, ST-F24-644, ST-F24-669, ST-F25-1, ST-F25-2, ST-F25-7); 35 M1 (ST-F24-2 to 6, ST-F24-8, ST-F24-113, ST-F24-138, ST-F24-199a, ST-F24-201 to 205, ST-F24-303 to ST-F24-311, ST-F24-583a, ST-F24-631a, ST-F24-644a, ST-F24-650, ST-F24-669a, ST-F24-746, ST-F24-807, ST-F24-812, ST-F24-814, ST-F25-1a, ST-F25-2a, ST-F25-3); 23 M2 (ST-F24-7, ST-F24-200a, ST-F24-206, ST-F24-207, ST-F24-312 to ST-F24-319, ST-F24-583b, ST-F24-631b, ST-F24-669b, ST-F24-728, ST-F24-747, ST-F24-748, ST-F25-1b, ST-F25-4 to ST-F25-6, ST-F25-72); 33 M3 (ST-F24-88, ST-F24-139, ST-F24-140, ST-F24-208 to 213, ST-F24-320 to ST-F24-324, ST-F24-348, ST-F24-644b, ST-F24-669c, ST-F24-752, ST-F24-753, ST-F24-768 to ST-F24-771, ST-F24-778, ST-F24-779, ST-F24-782, ST-F24-809, ST-F24-813, ST-F24-815, ST-F24-816, ST-F24-818, ST-F25-1c, ST-F25-7a); 14 md (ST-F24-89, ST-F24-90, ST-F24-141, ST-F24-443, ST-F24-552, ST-F24-556, ST-F24-558, ST-F24-585, ST-F24-599, ST-F24-636, ST-F24-637, ST-F24-680, ST-F24-884, ST-F25-8); 57 m1 (ST-F24-89a, ST-F24-90a, ST-F24-91, ST-F24-9 to 15, ST-F24-141a, ST-F24-142 to 144, ST-F24-214 to 220, ST-F24-325 to ST-F24-336, ST-F24-414, ST-F24-415, ST-F24-452, ST-F24-456, ST-F24-552a, ST-F24-556a, ST-F24-558a, ST-F24-574, ST-F24-585a, ST-F24-636a, ST-F24-637a, ST-F24-648, ST-F24-665, ST-F24-675, ST-F24-680a, ST-F24-727, ST-F24-749 to ST-F24-751, ST-F24-765, ST-F24-808, ST-F24-884a, ST-F25-8a, ST-F25-9, ST-F25-10); 41 m2 (ST-F24-16, ST-F24-17, ST-F24-20, ST-F24-89b, ST-F24-92, ST-F24-114 to ST-F24-116, ST-F24-141b, ST-F24-145, ST-F24-146, ST-F24-221 to 224, ST-F24-231, ST-F24-337 to ST-F24-347, ST-F24-457, ST-F24-552b, ST-F24-556b, ST-F24-585b, ST-F24-599a, ST-F24-636b, ST-F24-667, ST-F24-680b, ST-F24-729, ST-F24-730, ST-F24-763, ST-F24-766, ST-F24-767, ST-F25-11); 30 m3 (ST-F24-19 to ST-F24-22, ST-F24-117, ST-F24-141c,

ST-F24-147, ST-F24-349 to ST-F24-355, ST-F24-225 to 230, ST-F24-552c, ST-F24-556c, ST-F24-701, ST-F24-764, ST-F24-780, ST-F24-781, ST-F24-810, ST-F24-811, ST-F24-817, ST-F25-12).

Description

M1: t1bis is absent in all the specimens except in the specimens from facies 25 (ST-F25-1a, ST-F25-2a). t2bis is absent in facies 25 and surface 9 from facies 24. Regarding surface 7 t2bs is present in one out of seven specimens and in surface 8 in two out of four specimens. Only m1 remains from facies 25 has a spur in t1bis (two out of two). Regarding the spur in t3, there are 5 out of six in surface 7, 3 out of 3 in surface 8, 7 out of 8 in surface 9 and 2 out of three in facies 25. t12 is always well-developed. The t4 and t7 are linked.

M2: T9 is well developed. t1 and t3 are big and isolated. There are four roots.

M3: The t1 is large and isolated. The t3 is absent. The t4, t5, t6, t8 and t9 are connected.

m1: The tma is well-developed. The anteroconid is symmetric and linked to the metaconid by a narrow crest. The labial cingulum is well developed and it has a large round c1 and one or two accessory cuspids. Big round or oval posterior heel shifted towards the lingual side of the molar. It has two roots.

m2: The antero-labial part is large and oval. The labial cingulum is poorly developed. The posterior tubercle is big, round or oval and shift towards the lingual side. Two roots.

m3: The anterolabial cuspid is absent. There is no accessory cuspid. There is only one c1 in surface 7 and other one in surface 9.

Remarks

Differentiation between the species of the genus *Apodemus* is complicated due to the similarity between the morphology and the measurements of the dentition. However, studying living populations the discrimination is possible (Michaux and Pasquier, 1974). The relative length of the m2 (length/width) and all of the M2 have a well developed t9 (Michaux and Pasquier, 1974; Arrizabalaga et al., 1999) are the characters which led to differentiate between both species.

Family Gliridae Muirhead, 1819

Genus *Eliomys* Wagner, 1840

Eliomys quercinus Linnaeus, 1766

MATERIAL: 4 indeterminate teeth (ST-F24-723 to ST-F24-726); 3 D4 (ST-F24-23, ST-F24-193, ST-F24-194); 2 P4 (ST-F24-120, ST-F24-195); 4 M1-M2 (ST-F24-24, ST-F24-25, ST-F24-118, ST-F24-298); 1 M1 (ST-F24-296); 4 M2 (ST-F24-148, ST-F24-297, ST-F24-302, ST-F25-40); 2 M3 (ST-F24-119, ST-F24-149); 2 d4 (ST-F24-26, ST-F24-196); 3 p4 (ST-F24-27, ST-F24-28, ST-F24-745); 2 m1-m2 (ST-F24-300, ST-F24-301); 2 m1 (ST-F24-29, ST-F24-197); 3 m2 (ST-F24-150, ST-F24-744, ST-F25-41); 4 m3 (ST-F24-121, ST-F24-198, ST-F24-299, ST-F25-42).

Description

D4: It has a sub-triangular outline. The anteroloph is short and is connected at a low level to the paracone. The protoloph and the metaloph are continuous in two out of three specimens. There are no centrolophs. The posteroloph is low and lingually connected to the protocone.

P4: It has a sub-triangular outline. The anteroloph is short and is connected at a low level to the paracone. The protoloph and the metaloph are continuous. There is a precentroloph. The posteroloph is low and lingually connected to the protocone.

ST-F24-120 could not be described because of its preservation.

M1-M2: The anteroloph is connected at medium height to the paracone in ST-F24-40, ST-F24-148, ST-F24-118 and ST-F24-296. ST-F24-24 and ST-F24-25 are broken so the connection between the anteroloph and the paracone could not be seen. The paracone is the highest cup, separated from metacone, also high. The protoloph and metaloph are continuous. The precentroloph has short length in four out of eight specimens and medium length in four out of eight specimens. The postcentroloph is present in six out of eight specimens and is always short. Precentroloph is always larger than postcentroloph.

M3: The paracone is the highest cup, separated from metacone. The protoloph and metaloph are continuous. The precentroloph has medium length in one specimen and short length in another. The postcentroloph is shorter than the precentroloph in one out of two specimens. It has three roots.

d4: It has a sub-triangular outline, the metaconid and protoconid are fused and separated from the posterior complex (mesoconid, entoconid, and hypoconid) by a deep groove. Mesoconid and hypoconid are separated. The posterolophid is high and curved. It has two roots.

p4: It has a sub-triangular outline, the metaconid and protoconid are fused and separated from the posterior complex (mesoconid, entoconid, and hypoconid) by a deep groove. Mesoconid and hypoconid are separated. The posterolophid is high and curved. There is no posterotropid. It has one root.

m1-2: The anterolophid is continuous and connected to the protoconid. There is no anterotropid. There is no centrolophid nei-

ther posterotropid. The metaconid and the entoconid are separated by a narrow valley in ST-F25-197. The metalophid is discontinuous in one out of four specimens. The mesolophid is discontinuous in one out of three specimens. The hypoconid is large.

m3: Continuous anterolophid, in contact with the metaconid. The labial apex of the metaconid reaches the metaconid. The accessory crests are absent. There is no centrolophid. There is a narrow valley between metaconid and entoconid. The postelophid is discontinuous in one out of four specimens.

Remarks

The three species of glirids recorded in the Iberian Peninsula during the Late Pleistocene are *Eliomys quercinus*, *Glis glis* and *Muscardinus avellanarius* (Linnaeus, 1758). The morphology observed in the specimens from El Salt is very similar to *Eliomys quercinus*: the surface is clearly concave and presents well developed cusps, low number of transverse ridges and any accessory crests in the lower molars. According to Ruiz Bustos et al. (1982) and Paunescu and Abbassi (2002), these morphologies are diagnostic features of the species *E. quercinus*.

	N	Measure	Min.	Max.	Mean	SD
<i>Crocidura</i> sp.						
	1	L			1.6	
I	1	LT			0.72	
	1	H			0.93	
	2	PE	0.89	0.97	0.93	0.05
M1	2	LL	1.25	1.27	1.26	0.01
	1	AP			1.71	
	1	AA			1.3	
M3	2	L	0.57	0.61	0.59	0.03
	2	W	1.06	1.23	1.15	0.12
a	2	L	1.09	1.11	1.1	0.01
	1	L			1.41	
m1	1	TRW			0.89	
	1	TAW			1.02	
	1	L			1.08	
m3	1	W			0.61	
<i>T. occidentalis</i>						
Humerus	1	HL			13.23	
	1	HB			9.62	
<i>O. cuniculus</i>						
p3	8	L	2.08	3.05	2.6	0.33
	8	W	2.02	3.21	2.7	0.4
<i>S. vulgaris</i>						
	1	L			2.65	
m1	1	W			2.87	
	1	L			2.87	
m2	1	W			2.61	
<i>A. sapidus</i>						
M1	1	L	SEM			
	1	W				
	1	L			2.54	
M3	1	W			1.41	
	1	L			4.33	
m1	3	W	1.27	1.29	1.7	0.13
	3	L	2.55	2.61	2.59	0.03
m2	3	W	1.45	1.58	1.53	0.07
	1	L			2.31	
m3	2	W	1.27	1.29	1.28	0.01
<i>M. arvalis</i>						
M3	2	L	1.8	1.98	1.89	0.13
	2	W	0.8	0.93	0.86	0.09
	8	L	2.77	3.08	2.25	0.1
m1	10	W	0.97	1.13	0.92	0.05
	4	L	1.4	1.59	1.51	0.08
m2	6	W	0.78	1.18	0.95	0.14
	4	L	1.42	1.49	1.46	0.04
m3	4	W	0.78	0.87	0.83	0.04

	N	Measure	Min.	Max.	Mean	SD
<i>M. (I.) cabrerai</i>						
M1	12	L	1.63	2.66	2.42	0.28
	14	W	1.19	1.62	1.4	0.12
M2	4	L	1.73	1.91	1.85	0.08
	4	W	1.11	1.24	1.19	0.06
M3	2	L	2.08	2.11	2.1	0.02
	2	W	1.06	1.15	1.1	0.06
m1	6	L	2.57	3.4	3.16	0.31
	8	W	1.18	1.42	1.3	0.08
m2	6	L	1.69	1.83	1.76	0.05
	6	W	1.09	1.57	1.22	0.18
m3	1	L			1.46	
	1	W			0.97	
<i>M. (T.) duodecimcostatus</i>						
M3	2	L	1.57	1.83	1.7	0.18
	2	W	0.94	0.95	0.94	0.01
m1	4	L	2.53	2.97	2.79	0.23
	5	W	0.89	1	0.99	0.03
m2	3	L	1.4	1.58	1.46	0.09
	4	W	0.83	1.02	0.96	0.08
<i>M. arvalis-duodecimcostatus</i>						
M1	7	L	2.25	2.44	2.32	0.07
	6	W	1	1.14	1.05	0.05
M2	7	L	1.7	1.85	1.75	0.06
	8	W	0.95	1.11	1.05	0.04
<i>A. sylvaticus</i>						
M1	7	L	1.83	2.14	1.99	0.1
	7	W	1.17	1.36	1.28	0.06
M2	7	L	1.22	1.43	1.3	0.08
	8	W	1.18	1.35	1.25	0.05
M3	2	L	0.91	0.92	0.92	0.01
	2	W	0.85	0.85	0.85	0
m1	8	L	1.8	1.99	1.89	0.07
	8	W	1.08	1.19	1.15	0.04
m2	10	L	1.16	1.33	1.23	0.06
	10	W	0.99	1.25	1.13	0.09
m3	8	L	0.96	1.06	1	0.03
	8	W	0.84	0.98	0.89	0.05
<i>E. quercinus</i>						
M1-2	2	L	1.29	1.32	1.31	0.02
	2	W	1.7	1.81	1.76	0.08
p4	1	L			1.28	
	1	W			1.18	
m1-2	2	L	1.39	1.45	1.42	0.04
	2	W	1.65	1.73	1.69	0.06
m3	1	L			1.39	
	1	W			1.63	

Table 1. Measures taken in millimetres from small mammal dental remains of Upper Unit V Surface 9 from El Salt site. n: number of specimens, Min: Minimum value, Max: Maximum value, SD: standard deviation.

	N	Measure	Min.	Max.	Mean	SD
<i>Crocidura sp.</i>						
l	1	L			1.34	
p4	1	L			1.03	
	1	L			1.43	
m1	1	TRW			0.75	
	1	TAW			0.91	
	2	L	1.33	1.36	1.35	0.02
m2	2	TRW	0.85	0.86	0.86	0.01
	2	TAW	0.87	0.93	0.9	0.04
<i>O. cuniculus</i>						
p3	1	L			2.06	
	2	W	2.06	2.99	2.53	0.66
<i>A. sapidus</i>						
m2	2	L	2.49	2.57	2.53	0.06
	2	W	1.45	1.55	1.49	0.07
m3	1	L			2.39	
	1	W			1.3	
<i>M. arvalis</i>						
M3	2	L	2.13	2.4	2.27	0.19
	2	W	0.91	1.13	1.02	0.15
	3	L	2.95	3.17	3.09	0.12
	6	W	0.98	1.17	1.09	0.07
m1	4	La	0.48	0.55	0.51	0.03
	4	Li	0.59	0.63	0.61	0.01
	1	d			0.28	
m2	1	L			1.61	
	2	W	0.93	1.06	1	0.09
m3	2	L	1.16	1.55	1.36	0.28
	2	W	0.61	0.79	0.7	0.13
<i>M. (I.) cabrerai</i>						
M1	7	L	2.35	2.65	2.41	0.13
	8	W	1.44	1.66	1.64	0.08
M2	2	L	1.76	1.23	1.77	0.02
	2	W	1.78	1.26	1.24	0.02
M3	1	L			1.87	
	1	W			1.04	
m1	3	L	2.86	3.61	3.18	0.39
	3	W	1.25	1.37	1.3	0.06
m2	1	L			1.86	
	1	W	1.41	1.45	1.35	
m3	2	L	0.97	1.04	1.43	0.03
	2	W			1.01	0.05
<i>M. (T.) duodecimcostatus</i>						
M3	2	W	0.95	0.99	0.97	0.04
	1	L			1.55	
m3	1	W			0.87	

	N	Measure	Min.	Max.	Mean	SD
<i>M. arvalis-duodecimcostatus</i>						
M1	2	L	1.81	2.11	1.96	0.22
	2	W	0.69	0.97	0.83	0.2
M2	4	L	1.44	1.88	1.6	0.2
	3	W	0.82	1.08	0.92	0.14
<i>A. sylvaticus</i>						
M1	3	L	1.84	2.01	1.91	0.09
	3	W	1.26	1.29	1.27	0.02
M2	1	L			1.34	
	1	W			1.25	
M3	1	L			0.96	
	1	W			1.05	
m1	4	L	1.78	1.99	1.89	0.09
	4	W	1.05	1.92	1.31	0.4
m2	5	L	1.17	1.35	1.27	0.08
	5	W	1.09	1.29	1.17	0.08
m3	1	L			0.96	
	1	W			0.81	
<i>E. quercinus</i>						
D4	1	L			0.85	
	1	W			1.2	
M1-2	1	L			1.28	
	1	W			1.68	
M3	1	L			1.41	
	1	W			1.73	
d4	1	L			1.13	
	1	W			0.92	
p4	2	L	1.2	1.35	1.28	0.1
	2	W	1.21	1.26	1.24	0.04
m1	1	L			1.46	
	1	W			1.64	
m3	1	L			1.41	
	1	W			1.63	

Table 2. Measures taken in millimetres from small mammal dental remains of Upper Unit V Surface 8 from El Salt site. n: number of specimens, Min: Minimum value, Max: Maximum value, SD: standard deviation.

	N	Measure	Min.	Max.	Mean	SD
<i>Crocidura sp.</i>						
	3	BL	1.21	1.42	1.32	0.1
	2	PE	0.88	0.89	0.89	0.1
M1	2	LL	1.15	1.2	1.17	0.04
	2	AP	1.51	1.85	1.68	0.24
	2	AA	1.56	1.67	1.61	0.08
	1	BL			1.33	
	1	PE			0.86	
M2	1	LL			1.17	
	1	AP			1.82	
	1	AA			1.41	
a	1	L			0.94	
p4	1	L			1.04	
	3	L	1.33	1.41	1.37	0.04
m1	3	TRW	0.79	0.86	0.83	0.03
	3	TAW	0.86	0.98	0.92	0.06
<i>T. occidentalis</i>						
	1	HL			13.27	
Humerus	1	HB			9.41	
<i>O. cuniculus</i>						
	2	L	2.38	2.7	2.54	0.23
p3	2	W	2.3	2.69	2.5	0.28
<i>S. vulgaris</i>						
M3	1	L			2.74	
	1	W			2.83	
<i>A. sapidus</i>						
m1	1	W			1.95	
	2	L	2.03	2.33	2.18	0.21
m3	2	W	1	1.19	1.1	0.14
<i>M. arvalis</i>						
	1	L			2.11	
M3	1	W			1	
	1	L			2.79	
m1	1	W			0.98	
	2	L	1.46	1.53	1.46	0.05
m2	4	W	0.77	1.01	0.92	0.12
<i>M. (I.) cabreræ</i>						
	1	L			2.19	
M1	2	W	0.9	1.4	1.15	0.36
	2	L	2.1	2.28	2.19	0.13
M3	2	W	1.01	1.27	1.14	0.18
m1	3	W	1.16	1.26	1.19	0.06
	3	L	1.55	1.69	1.64	0.08
m2	3	W	0.96	1.44	1.14	0.26
m3	1	L			1.37	

	N	Measure	Min.	Max.	Mean	SD
<i>M. (T.) duodecimcostatus</i>						
M3	2	L	1.57	1.83	1.7	0.18
	2	W	0.94	0.95	0.94	0.01
m1	4	L	2.53	2.97	2.79	0.23
	5	W	0.89	1	0.99	0.03
m2	3	L	1.4	1.58	1.46	0.09
	4	W	0.83	1.02	0.96	0.08
<i>M. arvalis-duodecimcostatus</i>						
M1	4	L	2.06	2.29	2.17	0.11
	5	W	0.92	1.23	1.09	0.14
M2	4	L	1.54	1.77	1.67	0.09
	4	W	0.92	1.12	1.04	0.07
<i>A. sylvaticus</i>						
M1	3	L	1.88	2.18	2.05	0.15
	5	W	1.26	1.32	1.3	0.03
M2	3	L	1.26	1.44	1.34	0.09
	3	W	1.21	1.3	1.24	0.05
M3	2	L	0.9	1.14	1.02	0.94
	2	W	0.82	1.01	0.17	0.18
m1	6	L	1.69	1.89	1.8	1.1
	5	W	1.01	1.16	0.08	0.05
m2	8	L	1.22	1.34	1.27	0.04
	8	W	1.13	1.25	1.17	0.05
m3	4	L	0.97	1.08	1.03	0.05
	4	W	0.85	0.98	0.91	0.05
<i>E. quercinus</i>						
D4	1	L			1.11	
	1	W			1.54	
P4	1	L			1.71	
	1	W			1.59	
M1-2	1	L			1.44	
	1	W			1.93	
M3	1	W			1.59	
m1-2	2	L			1.45	0.1
	2	W			1.7	0.04

Table 3. Measures taken in millimetres from small mammal dental remains of Upper Unit V Surface 7 from El Salt site. n: number of specimens, Min: Minimum value, Max: Maximum value, SD: standard deviation.

	N	Measure	Min.	Max.	Mean	SD
<i>Crocidura sp.</i>						
A	1	L			0.74	
	1	BL			1.22	
	1	PE			0.98	
M2	1	LL			1.29	
	1	AP			1.48	
	1	AA			1.67	
M3	1	L			0.59	
	1	W			1.14	
a	1	L			1.15	
	1	L			1.29	
m1	1	TRW			0.88	
	1	TAW			1.01	
<i>O. cuniculus</i>						
p3	1	L			1.84	
	1	W			1.85	
<i>M. arvalis</i>						
M3	1	L			1.86	
	1	W			0.91	
m1	2	L	2.73	2.85	2.79	0.083
	2	W	1	1.02	1.01	0.016
m2	1	L			1.52	
	1	W			0.89	
m3	1	L			1.4	
	1	W			0.83	
<i>M. (I.) cabreræ</i>						
M2	1	L			1.92	
	1	W			1.37	
M3	1	L			1.82	
	1	W			0.98	
m2	1	L			1.15	
	1	W			1.08	
<i>M. (T.) duodecimcostatus</i>						
m1	1	L			3.03	
	1	W			1.11	
<i>M. arvalis-duodecimcostatus</i>						
M1	4	L	2.04	2.32	2.19	0.12
	4	W	0.99	1.14	1.06	0.07
M2	5	L	1.62	1.78	1.7	0.08
	5	W	0.99	1.1	1.03	0.05

	N	Measure	Min.	Max.	Mean	SD
<i>A. sylvaticus</i>						
M1	2	L	1.63	1.99	1.81	0.25
	2	W	1.11	1.38	0.85	0.19
M2	4	L	1.25	1.4	1.31	0.07
	4	W	1.15	1.41	1.26	0.11
M3	1	L			1.05	
	1	W			0.93	
m1	1	L			1.86	
	2	W	1.12	1.18	1.15	0.038
m2	1	L			1.23	
	1	W			1.05	
m3	1	L			0.96	
	1	W			0.85	
<i>E. quercinus</i>						
m2	1	L			1.51	
	1	W			1.74	
m3	1	L			1.3	
	1	W			1.47	

Table 4. Measures taken in millimetres from small mammal dental remains of Upper Unit V F 25 from El Salt site. n: number of specimens, Min: Minimum value, Max: Maximum value, SD: standard deviation.

BLOQUE 3

Improving the accuracy of small vertebrate-based palaeoclimatic reconstructions derived from the Mutual Ecogeographic Range. A case study using geographic information systems and UDA-ODA discrimination methodology

Abstract

Understanding past climate and the mechanisms of climate change remain major challenges in scientific research. The Mutual Ecogeographic Range (MER) method for climatic reconstruction uses the current geographical distribution of fossil assemblages to infer palaeoclimatic conditions. Current species distributions used in the MER method are usually obtained from biogeographic atlases that record the absence/presence of species in a 10 x 10 km grid. A 10 x 10 km area is quite broad and the method only records presence/absence, without considering the real area occupied by any given species. Thus, the method overlooks the fact that environmental heterogeneity is strongly related to topography, and climatic conditions may change abruptly over a few kilometres. To improve the accuracy of small vertebrate palaeoclimatic reconstructions derived from the MER method, we developed the UDA-ODA discrimination methodology, which is applied to Stratigraphic Units Xb and Upper Unit V from El Salt (Alcoi, Spain). We identified the Occupied Distribution Area (ODA), which denotes realistic occupied areas where the species may be present and the UDA (Uncertain Distribution Area) where the species may be absent. We achieved this by combining the species' distribution recorded in the atlases and the species environmental requirements described in the literature. Climate values resulting from the MER method and our UDA-ODA discrimination methodology showed significant differences. Extrapolating values from areas that are more similar to the areas occupied by the different species today yielded more representative climatic parameters for the assemblage tested, resulting in a more accurate palaeoclimatic reconstruction. Moreover, the discrimination analysis proposed here allows us to work with species whose distribution is currently disturbed, which was not possible using the MER method.

Referencia

Fagoaga, A., Blain, H.A., Marquina-Blasco, R., Laplana, C., Sillero, N., Hernández, C.M., Mallol, C., Galván, B., Ruiz-Sánchez, F.J., 2019. Improving the accuracy of small vertebrate-based palaeoclimatic reconstructions derived from the Mutual Ecogeographic Range. A case study using geographic information systems and UDA-ODA discrimination methodology. *Quat. Sci. Rev.* 223, 105969.



1. Introduction

Understanding of past climate and the mechanisms of climate change remain major challenges in scientific research (Hernandez Fernandez, 2006). Since the first half of the 20th century, scientists have used fossils for reconstructing different aspects of past ecosystems and climates (Birks et al., 2010). This vast array of palaeoclimatic reconstruction approaches reflects great interest and effort invested in approaching past climates (Blytt, 1881; Andersson, 1909; Cacho et al., 1999; d'Errico and Sánchez-Góñi, 2003; Andersen et al., 2004; Svensson et al., 2008). Moreover, the characterisation of past climates and its evolution have been encouraged by the possibility to predict the risk of future climatic shifts (Schmidt, 2010).

In the beginning, palaeoclimatic reconstructions were merely descriptive, but numerous quantitative analyses have been developed in the last decades (Simpson, 2007). Several of them are based on a wide range of biological proxies such as amphibians, chrysophycean cysts, coccolithophores, diatoms, insects, mammals, molluscs, ostracods, plant macrofossils, pollen and reptiles among others. Vertebrates are especially sensitive to changes in climate and habitat (Thomas et al., 2004), and their shifts over time in terms of taxa and abundance can be successfully used for past environment reconstructions. Small mammals, especially rodents, are widely used to reconstruct Quaternary climates and their environments because their small size, high rates of reproduction, restricted habitat, and absence of migratory behaviour make them reliable indicators of environmental change (FAUNMAP, 1996).

Different methods have been developed for the reconstruction of past Quaternary ecosystems through biological samples, namely the Mutual Climatic Range (MCR), Modern Analogue Technique (MATech) and Mutual Ecogeographic Range (MER)

(Atkinson et al., 1987; Birks et al., 2010; Blain et al., 2016). Since their development, they have been applied to many organisms, such as insects (Atkinson et al., 1986, 1987; Coope, 1994; Elias, 1994, 1997; 2001; Miller and Elias, 2000; Alfimov and Berman, 2009), plants (Sinka and Atkinson, 1999; Pross et al., 2000), terrestrial molluscs (Moine et al., 2002), ostracods (Horne, 2007; Horne et al., 2012) and herpetofauna and mammals (Blain, 2005; Blain et al., 2009, 2018; Lopez-García et al., 2014; Fernandez-García et al., 2018). MCR plots climatic envelopes for each of the species represented in a given fossil assemblage. MATech first looks for the modern assemblage(s) most similar to the fossil one; then, past climate for the fossil assemblage is inferred by the mean or the weighted mean of the 10 or 25 most similar modern ones, weighted as the inverse of their dissimilarities. Finally, MER identifies a present geographical region exhibiting the same species assemblage as the fossil one and extrapolates the mean of the climatic parameters of that region to the past (Birks et al., 2010 and references therein).

As other methods, MER follows methodological uniformitarianism, based on extrapolation to past of current climatic conditions of the areas inhabited by species found in a fossil assemblage. MER uses selected climatic variables of potential ecophysiological significance (Dahl, 1998), such as mean annual temperature or maximum temperature of the warmest month, among others. This method assumes that the species ecological niche is preserved, i.e. fossil representatives of the extant species have the same climatic tolerances and preferences as their living counterparts (Jackson and Overpeck, 2000; Jackson and Williams, 2004). However, these climatic tolerances and preferences must be tested by comparing the presence and abundance of a particular species with independent proxies (e.g. isotopes) over a period of time. Comparing modern distributions to

contemporary climate variables was an approach pioneered by Andersson (1902, 1903, 1909) and its use has become very popular (Leathwick et al., 2005; Soberon, 2007; Blain et al., 2009; Franklin, 2010). Nevertheless, there is much debate on whether or not current distributions are mainly controlled by climate (Araújo and Luoto, 2007; Beale et al., 2009; Blach-Overgaard et al., 2010; Chapman, 2010) and whether observed distributions are close or not to potential distribution areas (Colwell and Rangel, 2009; Soberon and Nakamura, 2009). Other factors, such as interspecific interactions (MacArthur, 1984; Chesson, 2000; Chave et al., 2002), historical factors, and geographical barriers (Patterson, 1999), also limit species distributions. According to some authors, the current distribution area of a species rarely coincides with the natural availability of its habitat (potential distribution area) (Morales Martín and Lizana Aria, 2011).

The MER method requires good understanding of a species' current distribution. Unfortunately, chorological knowledge is irregular across the planet. Biodiversity is well quantified in developed areas such as Europe or North-America. In the case of the Iberian Peninsula, there is a high degree of knowledge on the present distribution of vertebrate species. Several vertebrate distribution atlases and citizen science projects are available at different geographical scales for herpetofauna (Montori et al., 2014) and birds (SEO/Birdlife, 2018). The most recent atlases for mammals in the Iberian Peninsula are based on a 10 x 10 km UTM square grid (Palomo et al., 2007; Bencatel et al., 2017). MER only accepts species not strongly disturbed by different factors, such as human pressure (Blain et al., 2009). However, many species mapped in chorological atlases are certainly influenced by human actions. MER also assumes that a species can be present anywhere within the 10 x 10 km area even though this is not always valid. In the case

of the Iberian Peninsula, with common mountainous regions, climatic conditions may change abruptly over a few kilometres. These abrupt changes can occur within a single 10 x 10 km area. Thus, a species can be recorded as present in the whole area albeit occupying only a small percentage within it. By following this method, we are including regions we ought not consider, and therefore introducing bias into our reconstruction. In this sense, accurate assessment of past climatic conditions should include only zones inhabited by the extant species.

In this paper, our main objective is to improve the accuracy of small vertebrate palaeoclimatic reconstruction derived from the MER method (Blain et al., 2009; Blain et al., 2016). For this, we developed a new methodology, the UDA-ODA discrimination methodology (Uncertain Distribution Area-Occupied Distribution Area). We aimed to identify whether there are significant differences between MER and UDA-ODA palaeoclimatic reconstructions using species distributions restricted by environmental factors (e.g. elevation, which is a topographic factor with a strong influence on other environmental factors such as temperature) and species ecological requirements. We performed these comparisons using a small mammalian fossil record from Late Pleistocene stratigraphic units Xb and Upper Unit V from El Salt (Alcoi, Spain).

1.1. El Salt

The Middle Palaeolithic site of El Salt is located in the municipality of Alcoi (Alicante, southeastern Iberia), at 680 m above sea level (Fig. 1a and b). It is constituted by a 6.3 m thick stratified deposit that rests against a 38 m-high Palaeocene limestone wall, formed at a thrust fault and covered with tufa and travertine (Fig. 1b). Since 1986, El Salt has been studied systematically from an interdisciplinary perspective, focusing on high resolution studies to approach to

Neanderthal behaviour (Galván et al., 2006; Mallol et al., 2013; Garralda et al., 2014; Sistiaga et al., 2014; Rodríguez-Cintas and Cabanes, 2017; Machado and Pérez, 2016; Molina, 2016; Vidal-Matutano, 2017; Pérez et al., 2017; Marquina et al., 2017; Machado et al., 2017; Fagoaga et al., 2018; Vidal-Matutano et al., 2018; Leierer et al., 2019). Fumanal (1994) described the sedimentary

sequence, which comprises thirteen lithostratigraphic units (from XIII to I) (Galván et al., 2014) (Fig. 1c). From bottom to top, Unit XIII is formed by an archaeologically sterile subhorizontal travertine platform. In contrast, the highest concentration of archaeological remains and combustion features are contained in Units XII to IX. These units are 1.5 m-thick and are mainly cons-

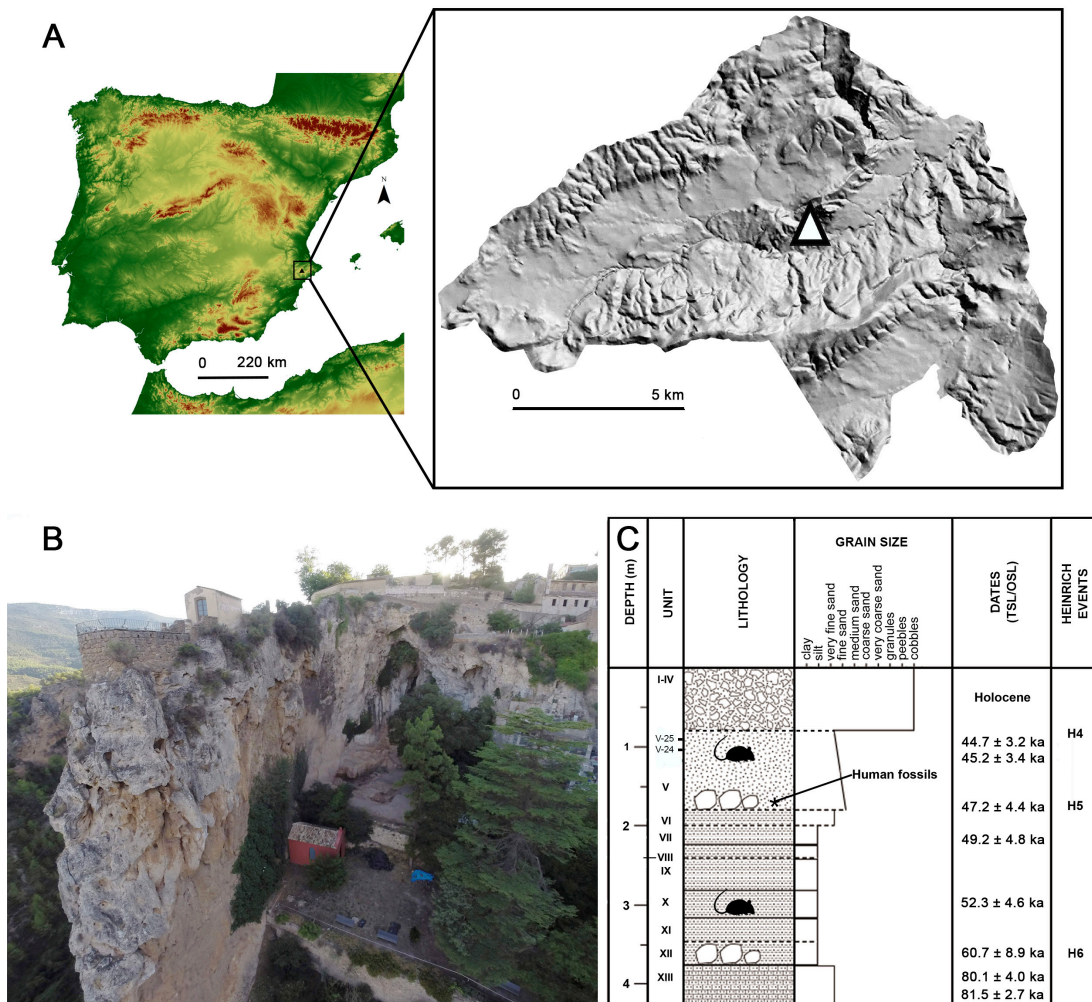


Fig. 1. A) Geographic location of El Salt Middle Palaeolithic site in the Iberian Peninsula and its position in the municipality of Alcoi. B) Drone view of the site. C) Stratigraphic log indicating the position of the small mammals studied here (modified from Galvan et al., 2014).

tituted by horizontally bedded fine sand. Evidence of human input is spatially reduced and gradually diminished in Units VIII to V (middle Unit V) (Galván et al., 2014). The base of Unit V yielded six upper teeth of a possible Neanderthal juvenile or young adult (Garralda et al., 2014). The upper part of Unit V is archaeologically sterile, except the uppermost part where two small flint blades, a few undifferentiated flakes and a small combustion feature were recovered (Garralda et al., 2014). This upper part constitutes a 50 cm-thick, truncated sedimentary deposit of massive sandy silt with heterogeneous gravel in the top 20 cm. Finally, Holocene Units (IV to I) consist of different gravelly layers separated by erosional contacts. These contain late Upper Palaeolithic, Epipalaeolithic and Mesolithic lithic remains, as well as Neolithic ceramic fragments (Fig. 1c) (Galván et al., 2014).

Preliminary results from a small mammal study showed a reduction in species diversity in Unit V compared with all the underlying units (Fagoaga et al., 2015). Application of the MER method in Units Xb and Upper Unit V yielded a relatively cold mean annual temperature (MAT) (3.3 °C less compared to present values) and slightly higher mean annual precipitation (MAP) (112.2 mm more than the current mean annual precipitation) period for Unit Xb (Fagoaga et al., 2018) (current values: MAT, 13.64 °C; MAP, 543.46 mm), and a worsening scenario with more open and arid environments for Upper Unit V, possibly linked to the progressive disappearance of Neanderthals (Fagoaga et al., 2019).

2. Materials, methods and abbreviations

We applied the MER method and the UDA-ODA discrimination methodology to determine palaeoclimatic conditions at El Salt site using small mammal remains from

Unit Xb and from two different segments of Upper Unit V: 1) V-24 (surfaces 7, 8 and 9) and 2) V-25 (Fagoaga et al., 2019) (Table 1). Surfaces 7 and 9 are considered as one (V-24 S9/7) because they yielded the same small mammal species. Surfaces denote stratification planes identified during the archaeological excavation process. These are associated with textural or lithological change and presence of large objects. Thus, they possibly represent paleosurfaces.

As analytical units should be defined based on biogeographic regions rather than countries, since species do not follow administrative borders, for both methods, current distributions of species in the Iberian Peninsula were gathered from Palomo et al. (2007) and Bencatel et al. (2017), recording presence/absence of each mammal taxa from the 10 x 10 km square grids. Only taxa determined to species level have been included in the analysis. For each species, we determined their current distribution, habitat preferences and elevation range (Table 2).

The UDA-ODA discrimination methodology was used to identify species distributions within the 10 x 10 km square grid with more precision. The Occupied Distribution Area (ODA) calculates the real occupied areas where the species may be present, using the species environmental requirements described in the literature. Similarly, the UDA (Uncertain Distribution Area) determines the areas within the species distribution where the species may be absent in accordance with its ecological requirements (Palomo et al., 2007; Bencatel et al., 2017). In this sense, our methodology considers elevation as the primary factor for discriminating ODA areas for each species (Table 2). In the case of *Microtus arvalis*, we also considered geographic distribution information from Luque et al. (2013). From these more precise regions, we extracted the current mean values of climatic parameters for each species' ODA and UDA distributions as well

as the MER method (Atlases distributions) from WorldClim 1.4 (Hijmans et al., 2005) climatic data series: MAT, Mean Annual Temperature; MTW, Maximum Temperature of the Warmest Month; MTC, Minimum Temperature of the Coldest month; MAP, Mean Annual Precipitation. Climatic data codified in raster format (pixels) with 30 s resolution ($0.93 \times 0.93 = 0.86 \text{ km}^2$) were extrapolated to the time period of formation for each assemblage. Based on the literature and selecting only non-strong weakly disturbed areas from the species distribution, we ensured that its current distribution has not been strongly affected by other limiting or disturbing factors such as urban development or human impact on the landscape. All analyses were performed with ArcGis 10.3 (ESRI, 2014).

MER method results cannot be compared directly with those of ODA and UDA distributions as they are a subsample of MER (Sokal and Rohlf, 2009). Therefore, statistical comparisons were performed only between ODA and UDA using a T-Test for each species and surface. Significant differences between mean climatic values from ODA and UDA would point to an improvement in the discrimination analysis over the MER method. If ODA and UDA are different, then the areas corresponding to species absence will have a strong influence on the MER results. Thus, these areas must be excluded to obtain better past environment estimates. All analyses were performed using an IBM SPSS Statistics package.

	Xb	UPPER V			
		V-24			V-25
		S9	S8	S7	-
Eulipotyphla					
<i>Erinaceus europaeus</i>	x				
Soricidae indet.		x	x	x	
<i>Sorex</i> sp.	x			x	
<i>Crocidura</i> sp.	x	x	x	x	x
Talpidae indet.	x				
<i>Talpa occidentalis</i>		x		x	
Lagomorpha					
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	x	x	x	x	x
Rodentia					
<i>Arvicola sapidus</i>	x	x	x	x	
<i>Microtus agrestis</i>	x				
<i>Microtus arvalis</i>	x	x	x	x	x
<i>Microtus (Iberomys) cabreræ</i>	x	x	x	x	x
<i>Microtus (Terricola) duodecimcostatus</i>	x	x	x	x	x
<i>Apodemus sylvaticus</i>	x	x	x	x	x
<i>Eliomys quercinus</i>	x	x	x	x	x
<i>Sciurus vulgaris</i>		x		x	
Total of taxa	12	11	9	12	7

Table 1. Faunal list from excavation surface from Unit Xb (S3), and Upper Unit V (V-25 and excavation surfaces 7, 8 and 9 from V-24) derived from the flotation and watersieving of the sediments (Fagoaga et al., 2018, 2019). Only taxa determined to species level have been included in the analyses. x denotes presence.

Taxon	Distribution in Portugal	Distribution in Spain	Elevation Range (m.a.s.l.)	Habitat preferences
<i>S. vulgaris</i>	North of Portugal (Eurosiberian region). Presence not confirmed in Estrela Range and western Lisboa region.	All the Euro-siberian region, northern Iberian System, Central System and Baetic Ranges.	0-1 900 (Eurosiberian region) 1200-2150 (Sierra Nevada)	Woodlands in Eurosiberian region. In the Mediterranean region is a specialist of coniferous woodlands mixed with holm oaks
<i>O. cuniculus</i>	All Portugal, including Azores and Madeira islands	All Spain, with the Balearic Islands; scarcer in Asturias	0-1 550	Ubiquitous; mainly prefer scrubs, pastures and crops
<i>A. sapidus</i>	All the continental Portugal, with fragmented populations	All Spain, without islands	0-2 300	Semi-aquatic; linked to stable water bodies with abundant vegetation
<i>M. cabreræ</i>	Well-defined, though fragmented, range from the SW to the NE of Portugal	Fragmented in different small nuclei: PreIberian, southern Iberian System, Central System and some areas of Zamora	250-1 500	Strictly Mediterranean climate; evergreen herbaceous cover all the year
<i>M. duodecimcostatus</i>	Mediterranean species located at South of Tâjuz river	All Spain except north-western margin, some areas of the Cantabrian Coast and eastern Pyrenees.	0-3 000	Open spaces, Mediterranean influence. Linked to humid and vegetated soils
<i>M. analls</i>	North-eastern extreme of Portugal (Douro international National Park)	In the northern half of Spain	900-2 000 (Pyrenees) 500-1 500 (northern plateau and surroundings)	All type of habitats; mainly in open areas with good cover of herbs and shrubs
<i>M. agrestis</i>	In the northern half of Portugal	In the northern third of Spain	0-1 600.	All vegetated environments but mainly prefer meadows. Central European environmental requirements
<i>A. sylvaticus</i>	All continental Portugal	All Spain, without Canary Islands	0-1 850	All type of habitats; mainly with good shrub or tree cover
<i>E. quercinus</i>	Fragmented distribution across all continental Portugal	All Spain, without Canary Islands, Ceuta, Melilla and Ibiza	0-1 600	Ubiquitous; abundant in rocky, forest and shrub
<i>E. europæus</i>	All continental Portugal, especially in the southern half. Introduced in Azores island	Almost all Spain	0-1 600	Wide range of habitats, preferring areas with Atlantic influence
<i>T. occidentalis</i>	All the continental Portugal, especially in the central region	Habitual in the northern third of Iberian Peninsula. Absent in Pyrenees and Ebro Basin	0-2 300 (Sierra Nevada) 0-1 800 (S. de Gredos) 0-1 500 (Cordillera Cantábrica) 0-1 600 (Peña Trevinca)	Humid soils

Table 2. Synthetic notes on current distribution, habitat preferences and elevation range for the species identified in the units studied from El Salt. m.a.s.l.: meters above sea level. Data obtained from Palomo et al. (2007) and Bencatel et al. (2017).

The abbreviations used in this work are: AHE; Asociación Herpetológica Española; m.a.s.l., meters above the sea level; MAP, Mean Annual Precipitation; MAT, Mean Annual Temperature; MATech, Modern Analogue Technique; MER, Mutual Ecogeographic Range; MTC, Minimum Temperature of the Coldest month; MTW, Maximum Temperature of the Warmest Month; ODA, Occupied Distribution Area; S, Surface; SEO, Sociedad Española de Ornitología; SD, Standard Deviation; Sig. Significance; UDA, Uncertain Distribution Area; UTM–MCR, Universal Transversal Mercator–Mutual Climatic Range

3. Results

3.1. Method comparison per variables and species

T-Tests for independent samples for each climatic parameter in each species present at El Salt (Table 1) showed significant differences between UDA and ODA for all species and variables analysed (Table 3). ODA had higher temperature and lower precipitation mean values than UDA in all species except *Microtus arvalis* (Table 3).

3.2. Method comparison per variables and assemblages

ODA and UDA were significantly different for all assemblages and variables analysed (Table 4, Figs. 2–4). UDA had higher temperature and lower precipitation mean values than ODA in all assemblages (Table 3). V–24 S8 showed the strongest difference considering temperature and precipitation variables: 1, 1.41 and 0.66 °C less for MAT, MTW and MTC respectively and 90.98 mm more of MAP regarding MER values (Table 4).

4. Discussion

4.1. Discussion of the methods per variables and species

ODA yielded higher temperature and lower precipitation mean values than UDA in all species except *Microtus arvalis* (Table 3). As ODA includes only areas where species are currently present, it reflects the values associated with each species more accurately. Thus, ODA provides a better representation of species distributions than the atlases. If ODA and UDA are different, then ODA (whose result would be extrapolated) is also different from the resulting MER value. Although we cannot provide proxies (e.g. isotopes) to check the degree of accuracy provided by ODA in comparison to MER, our results indicate that reconstructions performed with ODA are less misestimated.

Distribution atlases provide a rough estimate of species' areas of occupancy within the study area (Barbosa et al., 2013). One of the assumptions when associating climate average values to species presence is that species can be present anywhere within the 100 square km. This registration unit is a wide area, with environmental heterogeneity strongly related to topography. In mountainous regions, such as the Iberian Peninsula, climatic conditions may change abruptly over a few kilometres, from the mild seashore to harsher coastal mountain summits, resulting in a great variety of climates (Font-Tullot, 2000). Specifically, the Pyrenees, Cantabrian Range, Central System, Baetic and Penibaetic Systems and Iberic System display the highest topographic heterogeneity in the Iberian Peninsula (Figs. 5 and 6). These regions are especially susceptible to higher uncertainty when using the MER palaeoclimatic reconstruction method, as a single 10 x 10 km area may include a wide range of elevations in which total occupation by any given species would be unlikely. By introdu-

	Atlases distribution		ODA		UDA		T-Test
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
<i>E. europaeus</i>							
MAT	13.37	2.73	13.52	2.51	5.73	2.21	.000
MTW	28.89	3.84	29.05	3.66	20.89	4.26	.000
MTC	1.84	2.86	1.98	2.71	-4.96	1.55	.000
MAP	620.19	240.70	612.25	233.35	1013.96	269.50	.000
<i>M. agrestis</i>							
MAT	11.07	2.42	11.34	1.99	3.81	1.69	.000
MTW	24.51	2.41	24.77	1.95	17.19	2.48	.000
MTC	0.87	2.96	1.12	2.68	-6.04	1.51	.000
MAP	904.53	252.49	892.13	246.77	1246.33	146.48	.000
<i>E. quercinus</i>							
MAT	12.88	2.98	13.15	2.59	4.60	2.45	.000
MTW	28.61	3.96	28.91	3.55	19.37	4.73	.000
MTC	1.22	2.96	1.45	2.68	-5.95	1.76	.000
MAP	609.94	236.27	593.06	215.46	1124.02	262.99	.000
<i>O. cuniculus</i>							
MAT	13.54	2.63	13.70	2.41	6.68	2.47	.000
MTW	29.30	3.64	29.46	3.46	22.74	4.68	.000
MTC	1.79	2.81	1.94	2.65	-4.57	1.67	.000
MAP	601.18	230.96	593.63	224.43	912.65	276.87	.000
<i>A. sapidus</i>							
MAT	12.45	2.74	12.49	2.65	2.68	2.21	.000
MTW	27.76	3.48	27.81	3.39	17.81	5.51	.000
MTC	1.09	2.93	1.14	2.87	-7.99	1.16	.000
MAP	658.11	249.92	654.87	245.96	1289.15	211.75	.000
<i>M. (T.) duodecimcostatus</i>							
MAT	13.13	2.63	13.14	2.62	2.65	0.49	.000
MTW	29.08	3.33	29.08	3.33	22.91	0.46	.000
MTC	1.25	2.75	1.25	2.75	-10.15	0.50	.000
MAP	563.47	159.33	563.42	159.22	1212.48	37.14	.000
<i>M. arvalis</i>							
MAT	10.36	2.07	9.53	1.77	10.98	2.07	.000
MTW	26.18	3.08	25.04	2.85	27.03	2.99	.000
MTC	-1.22	1.74	-1.92	1.44	-0.71	1.78	.000
MAP	615.01	227.23	674.63	214.65	572	228.27	.000
<i>S. vulgaris</i>							
MAT	11.71	2.87	11.93	2.53	4.99	4.26	.000
MTW	26.11	3.63	26.36	3.27	18.13	4.79	.000
MTC	-1.80	6.05	0.50	4.72	-2.05	5.91	.000
MAP	769.98	302.08	756.62	293.04	1212.49	245.87	.000
<i>A. sylvaticus</i>							
MAT	12.86	2.87	12.99	2.65	3.85	2.35	.000
MTW	28.26	3.86	28.41	3.64	18.28	4.73	.000
MTC	1.38	3	1.49	2.85	-6.56	1.62	.000
MAP	640.97	245.74	632.58	236.10	1189.46	241.13	.000
<i>T. occidentalis</i>							
MAT	12.30	2.53	12.41	2.41	6.03	0.91	.000
MTW	27.52	3.33	27.63	3.25	21.37	1.78	.000
MTC	1.28	3.03	1.38	2.96	-4.49	1.05	.000
MAP	700	265.87	694.36	264.27	1030.86	116.27	.000

Table 3. Mean values and Standard Deviation (SD) of MAT (Mean Annual Temperature), MTW (Maximum Temperature of the Warmest Month), MTC (Minimum Temperature of the Coldest month) and MAP (Mean Annual Precipitation) for each species according to the Atlas distribution (Palomo et al., 2007), ODA and UDA. T-Test significance level is calculated between values of ODA and UDA. In bold, the highest value from the ODA and UDA comparison.

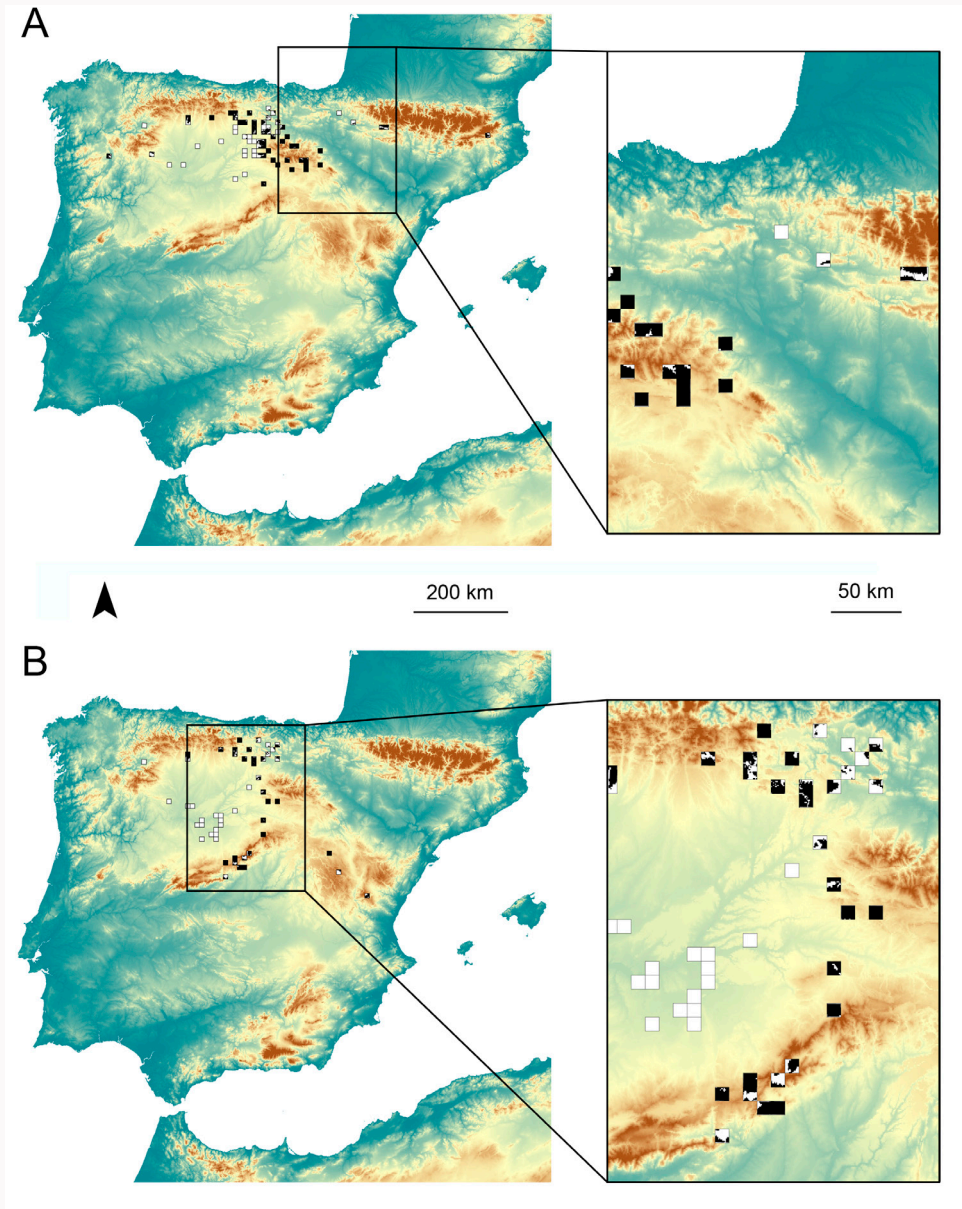


Fig. 2. ODA (black areas) and UDA (white areas) of the common species distribution for El Salt Unit Xb S3 (A) and Unit V-24 S9/7 (B). km: kilometres.

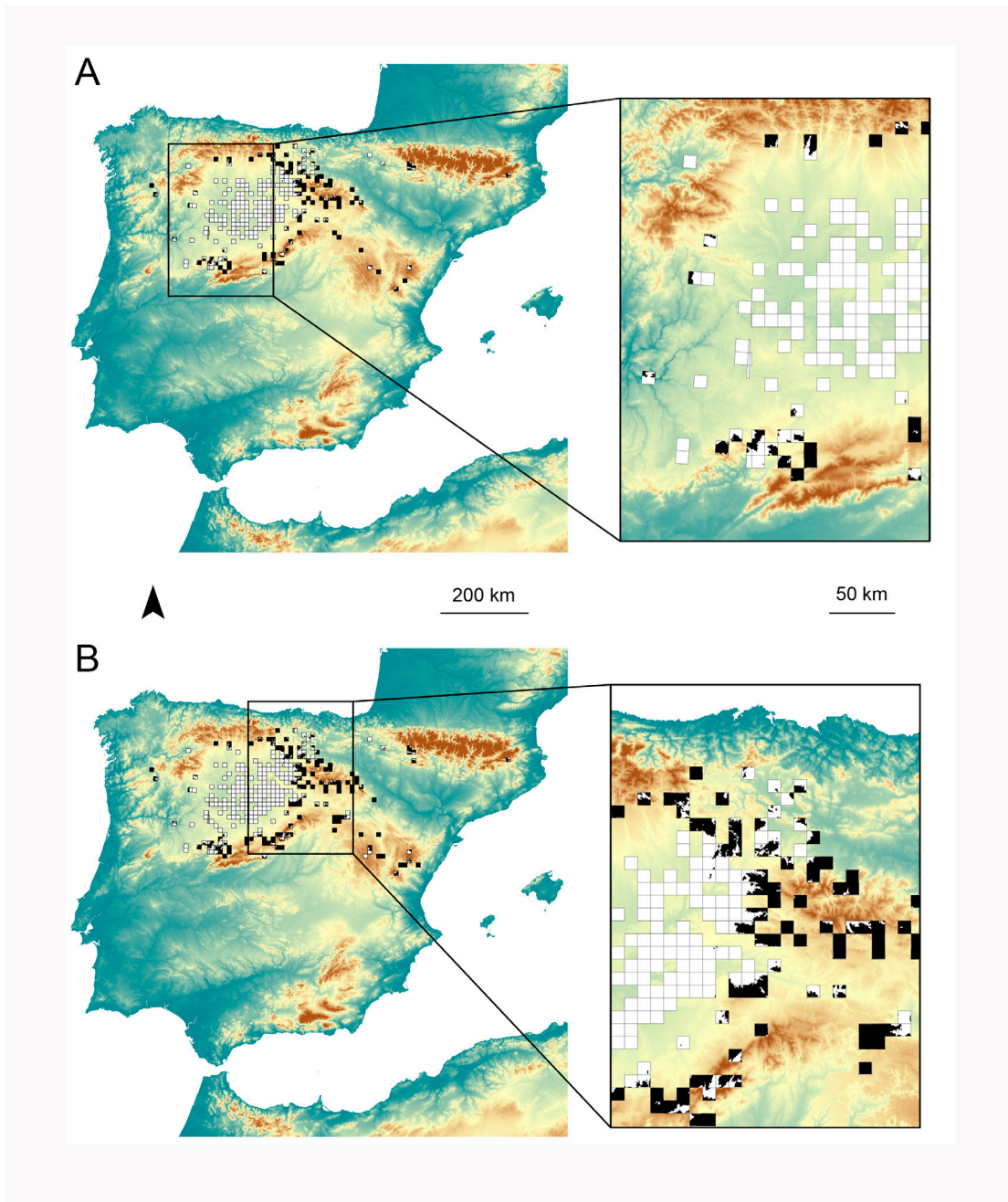


Fig. 3. ODA (black areas) and UDA (white areas) of the common species distribution for El Salt Unit V-24 S8 (A) and Unit V-25 (B). km: kilometres.

cing environmental values from areas where a species is absent, we are introducing bias into our reconstructions, as the distributions provided by national atlases are coarse. As a result, high degrees of topographic heterogeneity would yield over-estimation of climatic values and, on the contrary, low levels of topographic heterogeneity would yield more realistic indexes of a species' characteristic climatic conditions. Species with high topographic heterogeneity are *Sciurus vulgaris*, *Talpa occidentalis* and *Microtus agrestis* (Fig. 5a and b and 6d).

Species whose distribution overlaps with a greater number of areas with a high topographical heterogeneity are more likely to produce misestimated climatic values within each 100 square km.

The problem of environmental heterogeneity within each 10 x 10 squares and its influence on the estimation of climatic parameters was already pointed out by Martínez-Solano and Sanchiz (2005). One way to cope with this problem is to include published information on the target species (Palomo et al., 2007).

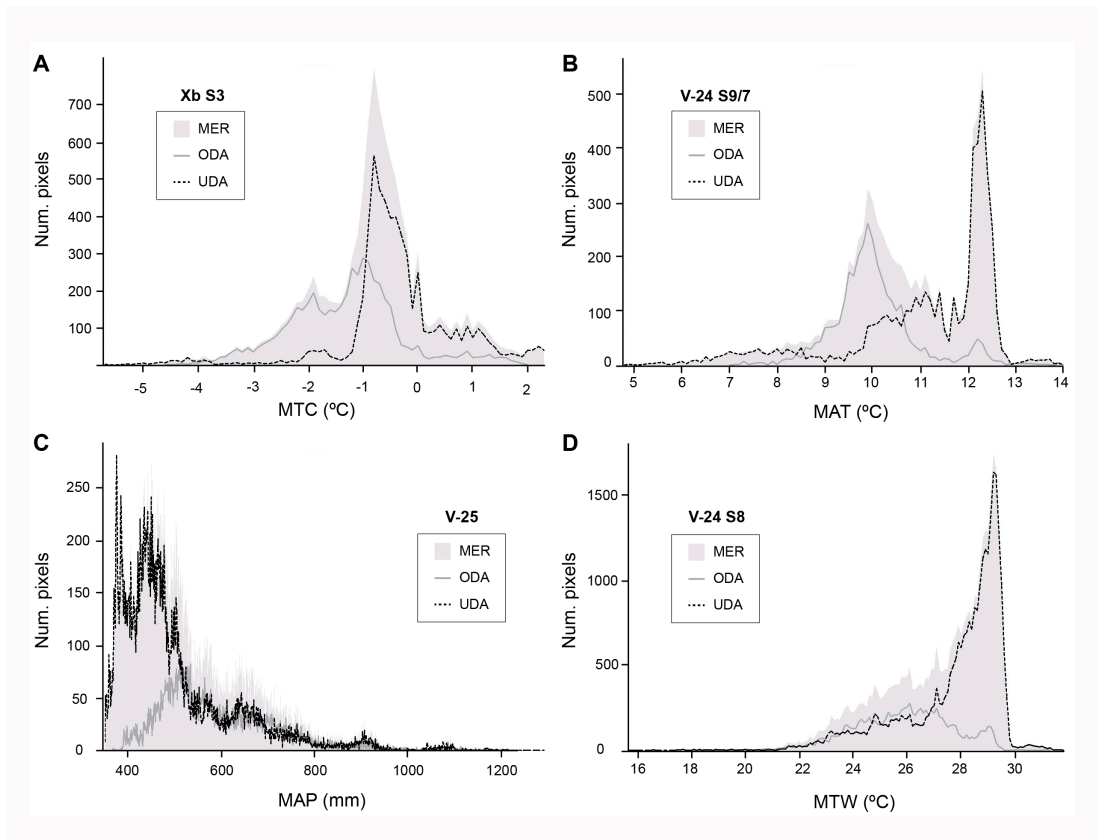


Fig. 4. Number of pixels codifying each value of Minimum Temperature of the Coldest Month (MTC) (A), Mean Annual Temperature (MAT) (B), Mean Annual Precipitation (MAP) and Maximum Temperature of the Warmest Month (MTW) obtained by MER method, ODA and UDA for Xb S3, V-24 S9/7, V-25 and V-24 S8, respectively.

	Atlases distribution		ODA		UDA		T-Test
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
XbS3							
MAT	10.33	1.09	9.82	0.85	10.77	1.09	.000
MTW	25.55	1.68	25.19	1.46	25.85	1.78	.000
MTC	-0.8	1.17	-1.31	1.05	-0.36	1.09	.000
MAP	657.21	137.17	670.90	106.25	644.59	157.17	.000
V-24 S9/7							
MAT	10.70	1.47	10.02	0.90	11.12	1.60	.000
MTW	26.43	2.47	25.52	1.88	26.99	2.61	.000
MTC	-0.67	1.37	-1.21	0.96	-0.36	1.49	.000
MAP	577.97	173.64	618.66	143.49	551.45	184.31	.000
V-24 S8							
MAT	11.08	1.27	10.08	1.03	11.46	1.15	.000
MTW	27.28	2.06	25.87	1.82	27.81	1.89	.000
MTC	-0.66	1.09	-1.32	1.08	-0.41	0.99	.000
MAP	538.57	149.65	629.55	139.05	504.46	138.93	.000
V-25							
MAT	11.03	1.27	10.17	1.04	11.41	1.18	.000
MTW	27.27	1.99	26.09	1.78	27.78	1.86	.000
MTC	-0.76	1.13	-1.40	1.07	-0.49	1.04	.000
MAP	531.91	140.81	599.40	136.38	502.62	132.72	.000

Table 4. Mean values and Standard Deviation (SD) of MAT (Mean Annual Temperature), MTW (Maximum Temperature of the Warmest Month), MTC (Minimum Temperature of the Coldest month) and MAP (Mean Annual Precipitation), for each assemblage (Xb S3, V-24 S9/7, V-34 S8 and V-25) using Atlas distributions (MER method), ODA and UDA. The T-Test significance level is calculated between the values of ODA and UDA. In bold, the highest value from the ODA and UDA comparison.

Elevation constitutes a well recorded factor for living species. Elevation is a summary variable that englobes a complex mix of other environmental factors besides meters above the sea level (Martínez-Solano and Sanchiz, 2005).

Regarding elevation range and feeding behaviour, several studies have demonstrated that the common vole (*Microtus arvalis*) was traditionally absent from the agricultural plains of Castilla y León (NW, Spain).

However, after recent changes in land use (irrigate crops and introduction of *Medicago sativa*, commonly named alfalfa or lucerne) and agricultural intensification, the species has become overabundant in agricultural areas over the last decades (Rey, 1973; Luque et al., 2013; Jareño et al., 2014). These works show the impact of the species colonisation process from the 1970s, where its distribution was restricted to mountainous landscapes, to the following years, where they occupied agricultural lands. Irrigated crops allowed the common vole to expand

to areas considered to be suboptimal for the species due to prolonged summer droughts, a major constraint for a rodent relying on green herbaceous vegetation (Jareño et al., 2014). Hence, in this work, we only considered mountainous areas for the distribution of the common vole in Castilla y León (ODA) to avoid the agricultural plains (UDA). The areas removed from its distribution are what Luque et al. (2013) considered as agricultural plains: from 157 to 942 m.a.s.l. (UDA) (Fig. 7). This criterion allowed us to work with a disturbed distribution area and now this species can be included in the MER method. In this and other cases, feeding, not just elevation, plays an important role in species distribution modelling. Nevertheless, elevation has also been taken into account for this and the other species (Table 2).

4.2. Discussion of the methods per variables and assemblages

UDA had higher temperature and lower precipitation mean values than ODA in all assemblages (Table 4). Therefore, once more ODA provides more accurate information than atlases in overlapping distributions. When applying atlas distributions, ODAs and UDAs are considered together as part of the species distribution. Hence, and equally for each species, application of the palaeoclimate reconstruction method without considering adjustments in biogeographic distributions leads to uncertainty in palaeoclimatic parameters. The extrapolation of values from areas more similar to the areas occupied by all species leads to climatic parameters that are more representative of the assemblage identified, and therefore, to more accurate palaeoclimatic reconstructions. This should be taken into consideration, especially in cases where climate is considered a possible factor involved in the disappearance of a species, like Neanderthals in this particular study area, and more so, if the new scenario obtained through more accurate reconstructions points to colder conditions as shown here.

The MER method suggests avoiding the inclusion of species whose distribution is strongly affected by disturbing parameters such as human pressure (Blain et al., 2009). This is the case of *Microtus (Iberomys) cabreræ*, one of the species identified at El Salt site (Table 1). This is a strictly Mediterranean species that avoids Eurosiberian climates. The species can be found at Supra or Mediterranean belts (Palomo et al., 2007). Its typical habitat involves grass meadows with seasonal springs or small herbaceous areas with brushwood located near small streams (Ventura et al., 1998). The species has suffered a range contraction and many subpopulations are small and fragmented due to habitat destruction by human activity (Fernández-Salvador et al., 1997, 2001; Palomo, 1999; Palomo and Gisbert, 2002; Laplana and Sevilla, 2013). The species has been excluded from the MER method in previous works (Fagoaga et al., 2018; Fernández-García et al., 2018), as well as from the UDA-ODA discrimination methodology. Castellanos-Frías et al. (2018) found a shift in this species' niche throughout its history, which has resulted in the impossibility of using its current requirements for palaeoclimatic reconstruction of the assemblages where it is present. In this sense, *M. (I) cabreræ* is lacking two prerequisites; niche preservation and undisturbed distribution. Hence, its inclusion in the method is doubly discarded. These measures are necessary, but important information could be lost, particularly the more specialised a species is.

5. Conclusions

The implementation of GIS in climatic reconstructions developed by MER method offers reproducible results for paleoenvironmental reconstruction process and allows us to deal with large amounts of information.

The UDA-ODA discrimination methodology is useful when dealing with environmental

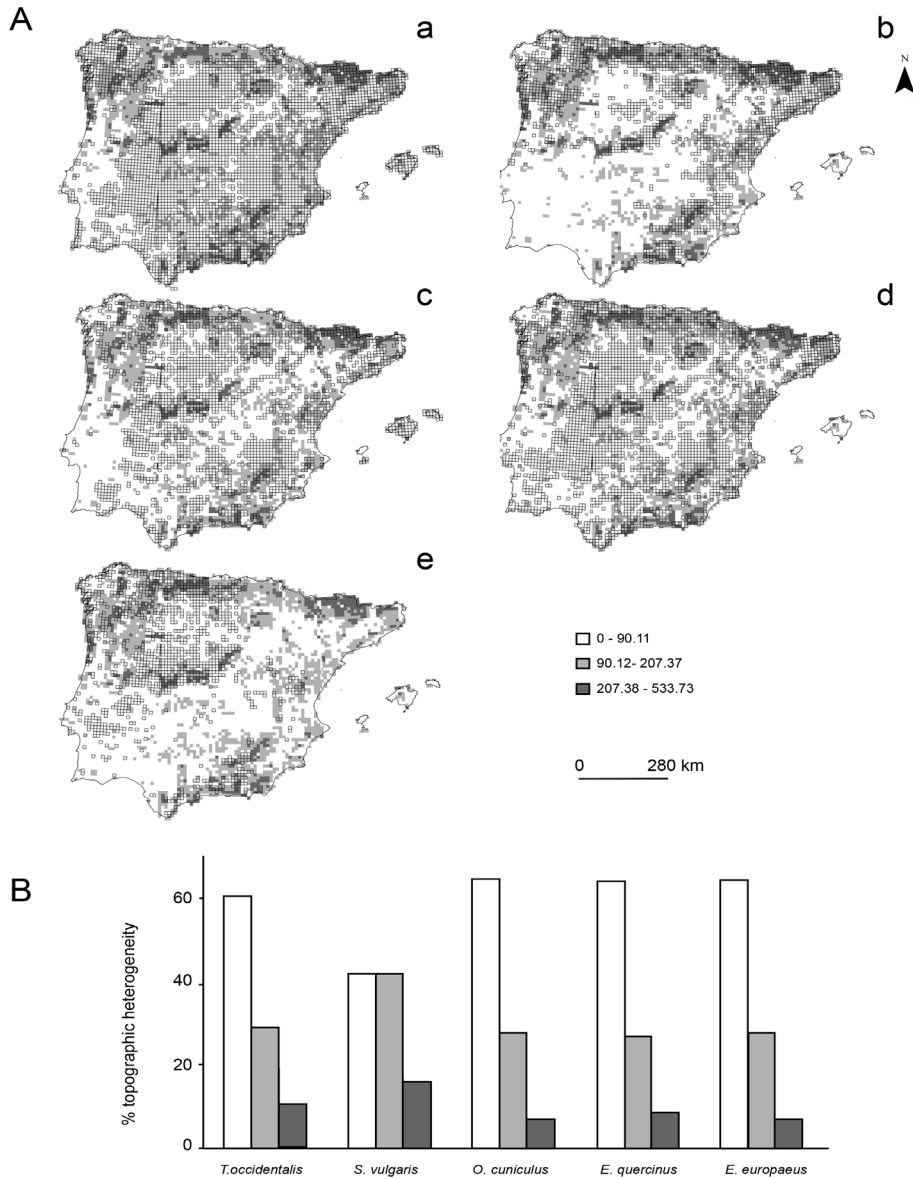


Fig. 5. A) Biogeographic distribution in the Iberian Peninsula of *O. cuniculus* (a), *S. vulgaris* (b), *E. quercinus* (c), *E. europaeus* (d), *T. occidentalis* (e) overlapped with topographic heterogeneity. Topographic heterogeneity is calculated as SD of elevation records in every single 10 x 10 km area. B) Percentage of representation of the areas belonging to each topographic heterogeneity (0-90.11=low heterogeneity; 90.12-207.37=intermediate heterogeneity; 207.38-533.73=high heterogeneity).

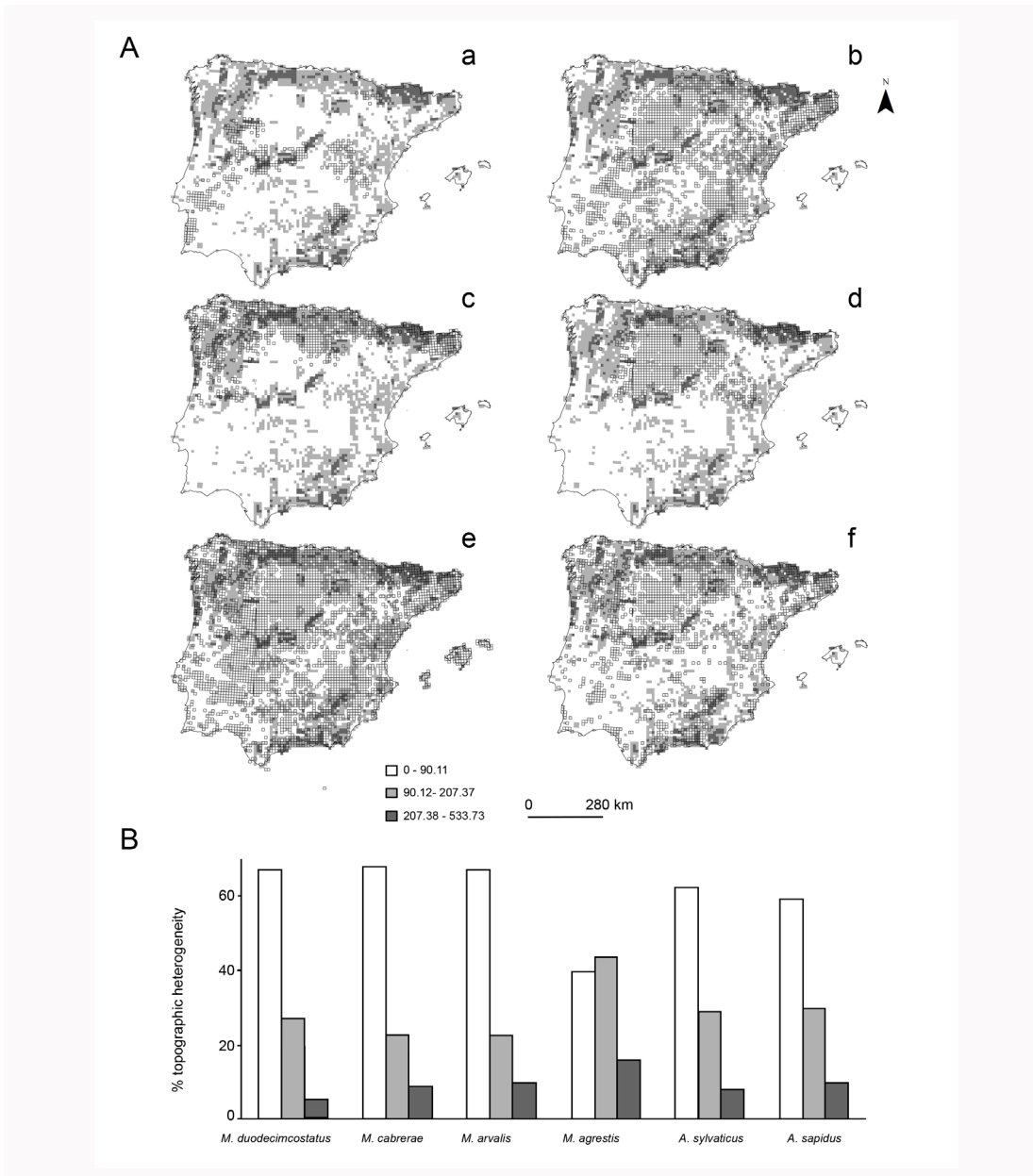


Fig. 6. A) Biogeographic distribution in the Iberian Peninsula of *M. (I.) cabreræ* (a), *M. (I.) duodecimcostatus* (b), *M. agrestis* (c), *M. arvalis* (d), *A. sylvaticus* (e) and *A. sapidus* (f) overlapped with topographic heterogeneity. Topographic heterogeneity is calculated as SD of elevation records in every single 10 x 10 km area. B) Percentage of representation of the areas belonging to each topographic heterogeneity (0-90.11=low heterogeneity; 90.12-207.37=intermediate heterogeneity; 207.38-533.73=high heterogeneity).

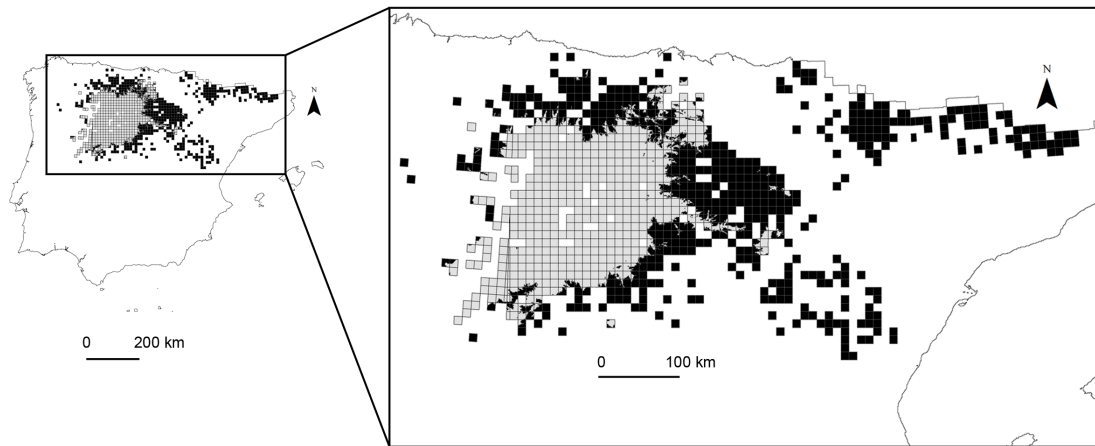


Fig. 7. Biogeographic distribution of *Microtus arvalis* (Palomo et al., 2007; Bencatel et al., 2017). ODA (black squares) and UDA (white squares) of *Microtus arvalis* distribution corresponds to the occupied areas and agricultural plains colonised by the species after 1970, respectively (Rey, 1973; Luque et al., 2013; Jareño et al., 2014)

heterogeneity placed within a single 100 km² area within a UTM grid that records a species presence/absence. This methodology constitutes a particularly useful tool in regions with high environmental variability across small areas and associated abrupt changes in climatic conditions. Specifically, the UDA-ODA discrimination methodology will be useful the greater the topographic heterogeneity and the more specific the species requirements are. This is when the greater the differences between climatic parameters derived from UDA-ODA discrimination methodology and MER method are expected. Finally, the discrimination analysis proposed here allows us to work with species whose distribution is disturbed, such as the case of *Microtus arvalis*, which cannot be analysed using the MER method.

Climatic values derived from areas where the species are present in higher proportions provide more accurate distributions than the normally utilized 10 x 10 km areas lacking a true ecological base. The latter constitute a useful species presence/absence recording method but it may not be as

effective for further palaeoclimatic inference. Methodological tools which restrict species distributions in a more realistic way and yield more accurate climatic reconstructions are necessary, especially in contexts where climate plays a role in the disappearance of a given species.

In the light of our results, further research must be performed in other fossil sites to confirm the validity of UDA-ODA methodology and the generality of the climatic reconstructions.

Acknowledgements

Research at El Salt is funded by the Spanish Government project HAR2015-68321-P (MINECO FEDER/UE), UV-INV_AE17-708551 (University of Valencia) and Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esports from the Valencian government. This investigation was also carried out thanks to the Prometeo Project of the Secretariat for Higher Education, Science, Technology and Innovation from Ecuador and the University

of La Laguna (Tenerife, Spain). HAB has been supported by 2017-SGR-859 (Government of Catalonia), CGL2016-80000-P (Spanish Ministry of Economy and Competitiveness). The Portuguese National Funds through FCT supports a Principal Researcher contract to NS (CEECIND/02213/2017). We would like to thank the whole team of El Salt for their effort and dedication during the field excavations and laboratory tasks. We also thank the Alcoi Archaeological Museum and the Town Hall of Alcoi for their support and finally, David J. Horne and an anonymous reviewer who helped improve the paper.

References

- Alfimov, A.V., Berman, D.I., 2009. Possible errors of the mutual climatic range (MCR) method in reconstructing the Pleistocene climate of Beringia. *Entomol. Rev.* 89, 487–499. <http://dx.doi.org/10.1134/S0013873809040137>
- Andersen, K.K., Azuma, N., Barnola, J.M., Bigler, M., Biscaye, P., Caillon, N., Chappellaz, J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Fischer, H., Flückiger, J., Fritzsche, D., Fujii, Y., Goto-Azuma, K., Grønbold, K., Gundestrup, N.S., Hansson, M., Huber, C., Hvidberg, C.S., Johnsen, S.J., Jonsell, U., Jouzel, J., Kipfstuhl, S., Landais, A., Leuenberger, M., Lorrain, R., Masson-Delmotte, V., Miller, H., Motoyama, H., Narita, H., Popp, T., Rasmussen, S.O., Raynaud, D., Rothlisberger, R., Ruth, U., Samyn, D., Schwander, J., Shoji, H., Siggard-Andersen, M.L., Steffensen, J.P., Stocker, T., Sveinbjörnsdóttir, A.E., Svensson, A., Takata, M., Tison, J.L., Thorsteinsson, T., Watanabe, O., Wilhelms, F., White, J.W.C., 2004. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature*. 431, 147–151. <https://doi.org/10.1038/nature02805>
- Andersson, G., 1902. Hasseln i Sverige fördom och nu. *Sveriges Geologiska Undersökning Series C*. 3, 1–168.
- Andersson, G., 1903. Klimatet i Sverige etter istiden. *Nordisk Tidsskrift*. 1, 1–26.
- Andersson, G., 1909. The climate of Sweden in the Late-Quaternary period. *Facts and theories. Sveriges Geologiska Undersökning Series C*, Årbok 3, 1–88.
- Araújo, M.B., Luoto, M., 2007. The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. *Glob Ecol Biogeogr.* 16, 743–753. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00359.x>
- Atkinson, T.C., Briffa, K.R., Coope, G.R., 1987. Seasonal temperatures in Britain during the past 22,000 years, reconstructed from beetle remains. *Nature*. 325, 587–92. <https://doi.org/10.1038/325587a0>
- Atkinson, T.C., Briffa, K.R., Coope, G.R., Joachim, M.J., Perry, D.W., 1986. Climatic calibration of coleopteran data, in: Bergland, B.E. (Ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 851–858.
- Barbosa, A.M., Real, R., Muñoz, A. R., Brown, J. A., 2013. New measures for assessing model equilibrium and prediction mismatch in species distribution models. *Divers Distrib.* 19, 1333–1338.
- Beale, C.M., Lennon, J.J., Gimona, A., 2009. European bird distributions still show few climate associations. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 106, E41–E43. <https://doi.org/10.1073/pnas.0902229106>
- Bencatel, J., Álvares, F., Moura, A.E., Barbosa, A.M., 2017. *Atlas de Mamíferos de Portugal*, first ed. Universidade de Évora, Évora.
- Birks, H.J.B., Heiri, O., Seppä, H., Bjune, A.E., 2010. Strengths and weaknesses of quantitative climate reconstructions based on Late-Quaternary. *Open Ecol J.* 3, 68–110. <http://10.2174/1874213001003020068>
- Blach-Overgaard, A., Svenning, J.-C., Dransfield, J., Greve, M., Balslev, H., 2010. Determinants of palm species distributions across Africa: the relative roles of climate, non-climatic environmental factors, and spatial constraints. *Ecography*. 33, 380–91. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06273.x>
- Blain, H.-A., 2005. Contribution de la paléoherpétofaune (Amphibia Squamata) à la connaissance de l'évolution du climat et du paysage du pliocène supérieur au pléistocène moyen d'Espagne. *Muséum national d'Histoire naturelle de Paris, Institut de Paléontologie Humaine*.

- Blain, H.-A., Bailon, S., Cuenca-Bescós, G., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2009. Long-term climate record inferred from Early-Middle Pleistocene amphibian and squamate reptile assemblages at the Gran Dolina cave, Atapuerca, Spain. *J. Hum. Evol.* 56, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.08.020>
- Blain, H.-A., Cruz Silva, J.A., Jiménez-Arenas, J.M., Margari, V., Roucoux, K., 2018. Towards a Middle Pleistocene terrestrial climate reconstruction based on herpetofaunal assemblages from the Iberian Peninsula: state of the art and perspectives. *Quat. Sci. Rev.* 191, 167–188. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.04.019>
- Blain, H.-A., Lozano-Fernández, I., Agustí, J., Bailón, S., Menéndez, L.G., Espígares, P.O., M., Ros-Montoya, S., Jiménez, J.M.A., Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Sala, R., 2016. Redefining upon the climatic background of the Early Pleistocene hominid settlement in Western Europe: Barranco León and Fuente Nueva-3 (Guadix-Baza Basin, SE Spain). *Quat. Sci. Rev.* 144, 132–144. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.05.02>
- Blytt, A., 1881. Die Theorie der wechselnden kontinentalen und insularen Klimate. *Englers Botanisch Jahrbüch.* 2, 1–50.
- Cacho, I., Grimalt, J.O., Pelejero, C., Canals, M., Sierro, F.J., Flores, J.A., Shackleton, N., 1999. Dansgaard-Oeschger and Heinrich event imprints in Alboran Sea paleotemperatures. *Paleoceanogr Paleoclimatol.* 14, 698–705.
- Castellanos-Frías, E., García, N., Virgós, E., 2018. Assessment of the effect of climate changes in the Late Pleistocene and Holocene on niche conservatism of an arvicolid specialist. *Sci. Rep.* 8, e9780. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28000-0>
- Chapman, D.S., 2010. Weak climatic associations among British plant distributions. *Glob Ecol Biogeogr.* 19, 831–841. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00561.x>
- Chave, J., Muller-Landau, H.C., Levin, S.A., 2002. Comparing Classical Community Models: Theoretical Consequences for Patterns of Diversity. *Am Nat* 62, 153–168. <https://doi.org/10.1086/324112>
- Chesson, P., 2000. General theory of competitive coexistence in spatially-varying environments. *Theor Popul Biol.* 58, 211–237.
- Coope, G.R., 1994. The response of insect faunas to glacial-interglacial climatic fluctuations. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 344, 19–26. <https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0046>
- Colwell, R.K., Rangel, T.F., 2009. Hutchinson's duality: the once and future niche. *Proc Natl Acad Sci USA.* 106, 19651–19658. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901650106>;
- Dahl, E., 1998. *The Phytogeography of Northern Europe (British Isles, Fennoscandia and adjacent areas)*. Cambridge University Press, Cambridge.
- d'Errico, F., Sánchez-Goñi, M.F., 2003. Neanderthal extinction and the millennial-scale climatic variability of OIS 3. *Quat. Sci. Rev.* 22, 769–788. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(03\)00009-X](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(03)00009-X)
- Elias, S.A., 1994. *Quaternary Insects and their Environments*. Smithsonian Institution, Washington, DC.
- Elias, S.A., 1997. The mutual climatic range method of palaeoclimatic reconstruction based on insect fossils: new applications and interhemispheric comparisons. *Quat. Sci. Rev.* 16, 1217–225.
- Elias, S.A., 2001. Mutual climatic range reconstructions of seasonal temperatures based on Late Pleistocene fossil beetle assemblages in Eastern Beringia. *Quat. Sci. Rev.* 20, 77–91.
- Fagoaga, A., Ruiz-Sánchez, F.J., Galván, B., Hernández, C., Mallol, C., 2015. El yacimiento del Paleolítico Medio de El Salt (Alcoi, Alicante) y sus faunas de microvertebrados: estudio preliminar. In: Sanchis, A., Pascual, J.L. (Eds.), *Preses petites i grups humans en el passat. II Jornades d'Arqueozoologia*. Museu de Prehistòria de València, Valencia, pp. 209–222.
- Fagoaga, A., Ruiz-Sánchez, F.J., Laplana, C., Blain, H.-A., Marquina, R., Marin-Monfort, M.D., Galván, B., 2018. Palaeoecological implications of Neanderthal occupation at Unit Xb of El Salt (Alcoi, eastern Spain) during MIS 3 using small mammals proxy. *Quat Int.* 481, 101–112. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.10.024>
- Fagoaga, A., Laplana, C., Marquina, R., Machado,

- J., Marin-Monfort, M.D., Crespo, V.D., Hernández, C., Mallol, C., Galván, B., Ruiz-Sánchez, F.J., 2019. Palaeoecological context for the extinction of the Neanderthals: A small mammal study of Stratigraphic Unit V of the El Salt site, Alcoi, eastern Spain. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol.* 530, 163–175.
- FAUNMAP Working Group, 1996. Spatial response of mammals to Late Quaternary environmental fluctuations. *Science.* 272, 1601–1606.
- Fernández-García, M., López-García, J.M., Bennàsar, M., Gabucio, M.J., Bargalló, A., Chacón, M.G., Saladié, P., Vallverdu, J., Vaquero, M., Carbonell, E., 2018. Paleoenvironmental context of Neanderthal occupations in northeastern Iberia: The small-mammal assemblage from Abric Romaní (Capellades, Barcelona, Spain). *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol.* 506, 154–167. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.06.031>
- Fernández-Salvador, R., García-Perea, R., Ventura, J., 2001. Reproduction and postnatal growth of the Cabrera vole, *Microtus cabreræ*, in captivity. *Can J Zool.* 79, 2080–2085. <https://doi.org/10.1139/z01-175>
- Fernández-Salvador, R., Gisbert, J., and García-Perea, R. 1997. Incidencia humana sobre las colonias del topillo de Cabrera, *Microtus cabreræ*. In Abstracts of III Jornadas Españolas de Conservación y Estudio de Mamíferos, Castelló d'Empúries, Spain, 5–7 December 1997. p. 29.
- Font-Tullot, I., 2000. Climatología de España y Portugal, second ed. Ediciones Universidad de Salamanca, Salamanca. Franklin, J., 2010. Mapping Species Distributions – Spatial Inference and Prediction. Cambridge University Press, Cambridge.
- Franklin, J., 2010. Mapping Species Distributions – Spatial Inference and Prediction. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fumanal, M.P., 1994. El yacimiento musteriense de El Salt (Alcoi, País Valenciano). Rasgos geomorfológicos y climatoestratigrafía de sus registros. *Saguntum-PLAV.* 27, 39–55.
- Galván, B., Hernández, C.M., Francisco, M.I., Rodríguez, A. 2006. Datos para la caracterización del final del Musteriense en los Valles de Alcoi, in: Cabrera, V., Bernaldo de Quirós, F., Maíllo, J.M. (Eds.), En el Centenario de la Cueva de El Castillo: El Ocaso de los Neandertales. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Santander, pp. 127–141.
- Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Mercier, N., Sistiaga, A., Soler, V., 2014. New evidence of early neanderthal disappearance in the Iberian peninsula. *J. Hum. Evol.* 75, 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.06.002>
- Garralda, M.D., Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Gómez, J.A., Maureille, B., 2014. Neanderthals from El Salt (Alcoi, Spain) in the context of the latest Middle Paleolithic populations from the southeast of the Iberian Peninsula. *J. Hum. Evol.* 75, 1–15. <https://10.1016/j.jhevol.2014.02.019>
- Hernández Fernández, M.H., 2006. Rodent paleofaunas as indicators of climatic change in Europe during the last 125,000 years. *Quat. Res.* 65, 308–323. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2005.08.022>
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25, 1965–1978. <https://10.1002/joc.1276>
- Horne, D.J., 2007. A mutual temperature range method for Quaternary palaeoclimatic analysis using European non-marine Ostracoda. *Quat. Sci. Rev.* 26, 1398–1415. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.03.006>
- Horne, D. J., Curry, B. B., Mesquita-Joanes, F., 2012. Mutual climatic range methods for Quaternary ostracods. *Developments in Quaternary Sciences*, Elsevier. 17, 65–84.
- Jackson, S.T., Overpeck, J.T., 2000. Responses of plant populations and communities to environmental changes of the late Quaternary. *Paleobiology*, 26, 194–220. <https://doi.org/10.1017/S0094837300026932>
- Jackson, S.T., Williams, J.W., 2004. Modern analogs in Quaternary paleoecology: here today, gone yesterday, gone tomorrow? *Annu Rev Earth Planet Sci.* 32, 495–537.
- Jareño, D., Viñuela, J., Luque-Larena, J.J., Arroyo, L., Arroyo, B., Mougeot, F., 2014. A comparison of methods for estimating common vole (*Microtus arvalis*) abundance in agricultural

- habitats. *Ecol Indic.* 36, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.07.019>
- Laplana, C., Sevilla, P., 2013. Documenting the biogeographic history of *Microtus cabreræ* through its fossil record. *Mammal. Rev.* 43, 309–332. <https://doi.org/10.1111/mam.12003>.
- Leathwick, J.R., Rowe, D., Richardson, J., Elith, J., Hastie, T., 2005. Using multivariate adaptive regression splines to predict the distributions of New Zealand's freshwater diadromous fish. *Freshwater Biol.* 50, 2034–2052. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01448.x>
- Leierer, L., Jambriña-Enríquez, M., Herrera-Herrera, A.V., Connolly, R., Hernández, C.M., Galván, B., Mallol, C., 2019. Insights into the timing, intensity and natural setting of Neanderthal occupation from the geoarchaeological study of combustion structures: a micromorphological and biomarker investigation of El Salt, unit Xb, Alcoy, Spain. *PLoS ONE* 14 (4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214955>.
- López-García, J.M., Blain, H.A., Bennàsar, M., Fernández-García, M., 2014. Environmental and climatic context of Neanderthal occupation in southwestern Europe during MIS3 inferred from the small-vertebrate assemblages. *Quat. Int.* 326, 319–328.
- Luque-Larena, J.J., Mougeot, F., Vinuela, J., Jareño, D., Arroyo, L., Lambin, X., Arroyo, B., 2013. Recent large-scale range expansion and outbreaks of the common vole (*Microtus arvalis*) in NW Spain. *Basic Appl Ecol.* 14, 432–441.
- MacArthur, R.H., 1984. *Geographical Ecology – Patterns in the distribution of species.* Princeton University Press, Princeton.
- Machado, J., Molina, F.J., Hernández, C.M., Tarrío, A., Galván, B., 2017. Using lithic assemblage formation to approach Middle Palaeolithic settlement dynamics: El Salt stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Archaeol Anthropol Sci.* 9, 1715–1743. <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0318-z>
- Machado, J., Pérez, L., 2016. Temporal frameworks to approach human behaviour concealed in Middle Palaeolithic palimpsests: a high-resolution example from El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Quat. Int.* 417, 66–81. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.050>.
- Mallol, C., Hernández, C.M., Cabanes, D., Sistiaga, A., Machado, J., Rodríguez, A., Pérez, L., Galván, B., 2013. The black layer of Middle Palaeolithic combustion structures. Interpretation and archaeostratigraphic implications. *J. Archaeol. Sci.* 40, 2515–2537. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.017>
- Marquina, R., Fagoaga, A., Crespo, V.D., Ruiz-Sánchez, F.J., Bailon, S., Hernández, C.M., Galván, B., 2017. Amphibians and squamate reptiles from the stratigraphic unit Xb of El Salt (Middle Palaeolithic; Alcoy, Spain): palaeoenvironmental and palaeoclimatic implications. *Spanish Journal of Palaeontology.* 32, 291–312.
- Martínez-Solano, I., Sanchiz, B., 2005. Anfibios y Reptiles del Pleistoceno medio de Ambrona, in: Santonja, M., Pérez González, A., (Eds.) *Los Yacimientos Paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria), un Siglo de Investigaciones Arqueológicas.* Zona Arqueológica 5, pp. 232–239.
- Miller, R.F., Elias, S.A., 2000. Late-glacial climate in Maritimes Region, Canada, reconstructed from mutual climate range analysis of fossil Coleoptera. *Boreas.* 29, 79–88. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2000.tb01202.x>
- Moine, O., Rousseau, D.D., Antoine, P., 2002. Mise en évidence d'événements climatiques rapides par les faunes de mollusques terrestres des loess weichseilen de Nussloch (Allemagne). *Quaternaire.* 13, 209–217. <https://doi.org/10.3406/quate.2002.1713>
- Molina, J., 2016. *El sílex del prebético y cuencas neógenas en Alicante y sur de Valencia: Su caracterización y estudio aplicado al Paleolítico medio.* Ph. D. Thesis. Universidad de Alicante, Spain.
- Montori, A., Llorente, G.A., Villero, D., 2014. Recursos SARE: AHEnuario flybase de datos. Utilización del SIARE para la incorporación de observaciones de anfibios y reptiles de España. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española.* 25, 112–117.
- Morales Martín, J., Lizana Avia, M., 2011. El estado de la biodiversidad de los Vertebrados españoles. Causas de la riqueza de especies y actualización taxonómica, in: Viejo Montesinos, J.L. (Ed.), *Biodiversidad, aproximación a la diversidad botánica y zoológica*

- de España. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Segunda época. Madrid, pp. 285–342.
- Patterson, B.D., 1999. Contingency and determinism in mammalian biogeography: the role of history. *J Mammal.* 80, 345–360.
- Palomo, L.J., 1999. *Microtus cabreræ*, in: Mitchell-Jones, A.J., Amori, G., Bogdanowicz, W., Kryštufek, B., Reijnders, P.J.H., Spitzenberger, F., Stubbe, M., Thissen, J.B.M., Vohralík, V., Zima, J. (Eds), *The Atlas of European Mammals*. Academic Press, London, pp. 230–231.
- Palomo, L.J., Gisbert, J., 2002. *Atlas de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SECEM-SECEMU. Madrid.
- Palomo, L.J., Gisbert, J., Blanco, J.C., 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SECEM, SECEMU, Madrid.
- Pérez, L., Sanchis, A., Hernández, C.M., Galván, B., Sala, B., Mallol, C., 2017. Hearths and bones: an experimental study to explore temporality in archaeological contexts based on taphonomical changes in burnt bones. *J. Archaeol. Sci. Rep.* 11, 287–309. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.036>.
- Pross, J., Klotz, S., Mosbrugger, V., 2000. Reconstructing palaeotemperatures for the Early and Middle Pleistocene using the mutual climatic range method based on plant fossils. *Quat Sci Rev.* 19, 1785–1799. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(00\)00089-5](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(00)00089-5)
- Rey, J.M., 1973. Las características biométricas y morfológicas del topillo campesino, *Microtus arvalis asturianus*, del Sistema Ibérico. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Biología)*. 71, 283–297.
- Ríos, L., Kivell, T. L., Lalueza-Fox, C., Estalrich, A., García-Tabernero, A., Huguët, R., Quintino, Y., de la Rasilla, M., Rosas, A., 2019. Skeletal anomalies in the Neanderthal family of El Sidrón (Spain) support a role of inbreeding in Neanderthal extinction. *Sci. Rep.* 9, 1–11. <https://10.1038/s41598-019-38571-1>
- Rodríguez-Cintas, A., Cabanes, D., 2017. Phytolith and FTIR studies applied to combustion structures: the case of the Middle Paleolithic site of El Salt (Alcoi, Alicante). *Quat. Int.* 431, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.043>
- Schmidt, G.A., 2010. Enhancing the relevance of palaeoclimate model/data comparisons for assessments of future climate changes. *J. Quat. Sci.* 25, 79–87. [doi:10.1002/jqs.1314](https://doi.org/10.1002/jqs.1314).
- SEO/BirdLife., 2018. Programas de seguimiento y grupos de trabajo de SEO/BirdLife 2017. SEO/BirdLife. Madrid. <https://doi.org/10.31170/0057>
- Simpson, G.L. 2007. Analogue methods in palaeoecology: using the analogue package. *J. Stat. Softw.* 22, 1–29
- Sinka, K.J., Atkinson, T.C., 1999. A mutual climatic range method for reconstructing palaeoclimate from plant remains. *J Geol Soc London.* 156, 381–396. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.156.2.0381>
- Sistiaga, A., Mallol, C., Galvan, B., Everett, R., 2014. The Neanderthal meal: a new perspective using faecal biomarkers. *PLoS One* 9, 1–6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101045>.
- Soberón, J., 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distribution of species. *Ecol Lett.* 10, 1115–1123. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01107.x>
- Soberón, J., Nakamura, M., 2009. Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 106, 19644–19650. <https://10.1073/pnas.0901637106>
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J., 2009. *Introduction to Biostatistics*. 2nd ed. Dover edition. 366pp.
- Svensson, A., Andersen, K.K., Bigler, M., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Davies, S.M., Johnsen, S.J., Muscheler, R., Parrenin, F., Rasmussen, S.O., Röthlisberger, R., Seierstad, I., Steffensen, J.P., Vinther, B.M., 2008. A 60 000 year Greenland stratigraphic ice core chronology. *Clim. Past Discuss.* 4, 47–57. <https://doi.org/10.5194/cp-4-47-2008>
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasm, B.F.N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips,

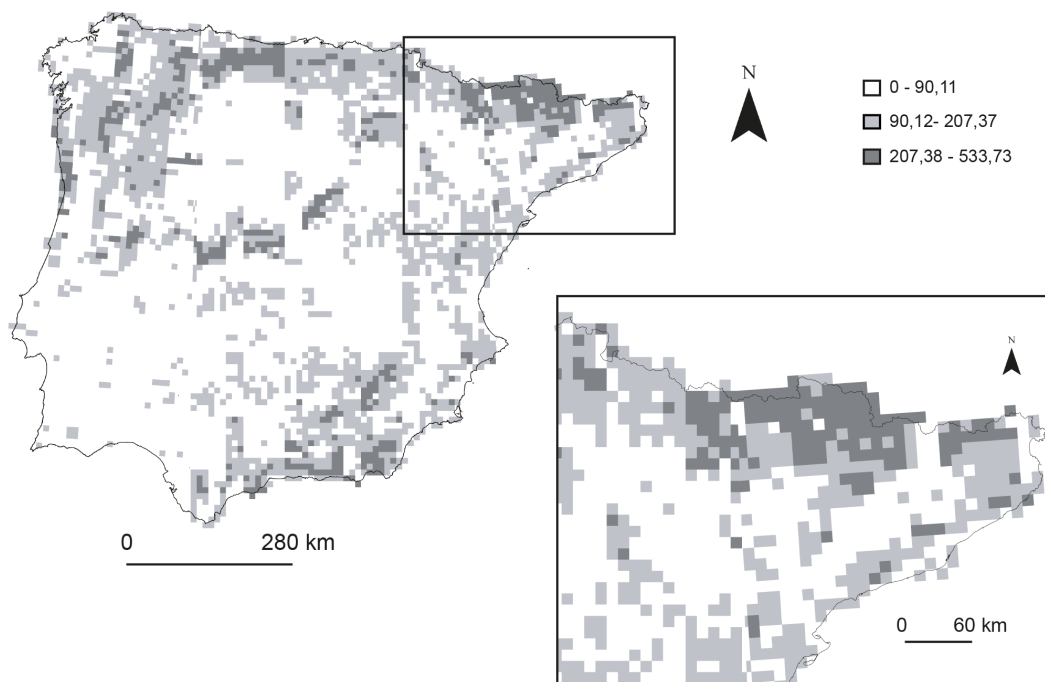
- O.L., Hughes, L., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*. 427, 145-148. <https://doi.org/10.1038/nature02121>
- Ventura, J., López-Fuster, M.J. and Cabrera-Millet, M. 1998. The Cabrera Vole, *Microtus cabreræ*, in Spain: a Biological and a Morphometric Approach. *Neth J Zool*. 48, 83-100.
- Vidal-Matutano, P. 2017. Firewood and hearths: Middle Palaeolithic woody taxa distribution from El Salt, stratigraphic unit Xb (Eastern Iberia). *Quat. Int.* 457, 74-84. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.040>
- Vidal-Matutano, P., Pérez-Jordà, G., Hernández, C.M., Galván, B. 2018. Macrobotanical evidence (wood charcoal and seeds) from the Middle Palaeolithic site of El Salt, Eastern Iberia: Palaeoenvironmental data and plant resources catchment areas. *J. Archaeol. Sci. Rep.* 19, 454-464. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.03.032>

Material suplementario

Heterogeneidad topográfica dentro de las cuadrículas de los atlas

Cada cuadrícula de 10 x 10 km en los que está dividida la península ibérica y sobre la que se registra la presencia o ausencia de las especies presentes en este territorio encierra una heterogeneidad topográfica que varía entre las diferentes regiones y que se traduce en la variación de variables ambientales y climáticas.

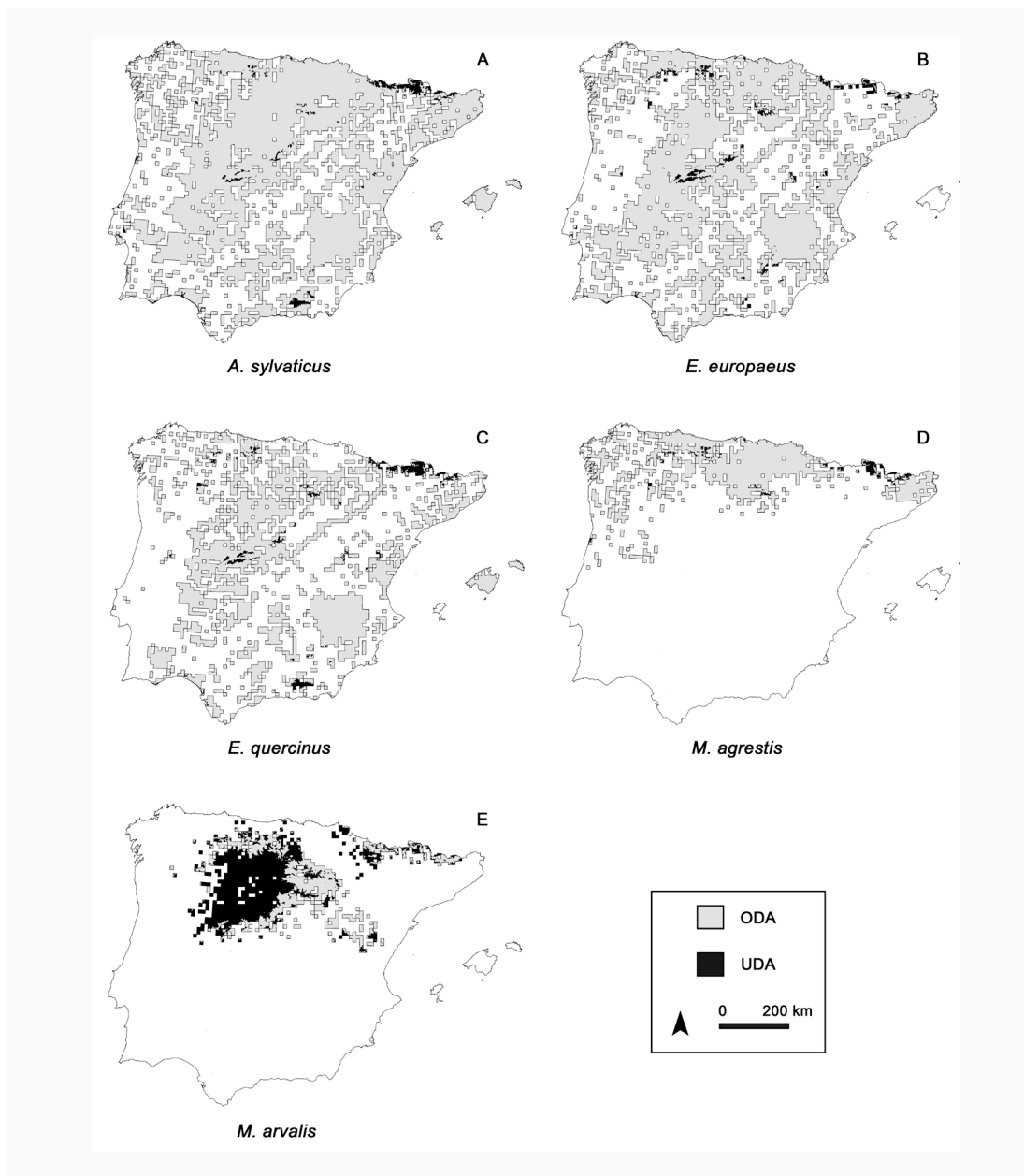
La figura 1 muestra la desviación estándar para los valores de altura de cada cuadrícula de 10 x 10 km, esto es la heterogeneidad topográfica dentro de cada cuadrícula. Las regiones con mayor desviación estándar se corresponden con áreas montañosas como Pirineos, Cordillera Cantábrica, Sistema Central, Sistemas Béticos y Penibéticos y Sistema Ibérico. Estas regiones son especialmente susceptibles de producir sesgos en las reconstrucciones climáticas ya que en una misma cuadrícula existen mayores diferencias de alturas y por lo tanto existe una menor probabilidad de que la cuadrícula al completo esté ocupada por una especie en concreto.



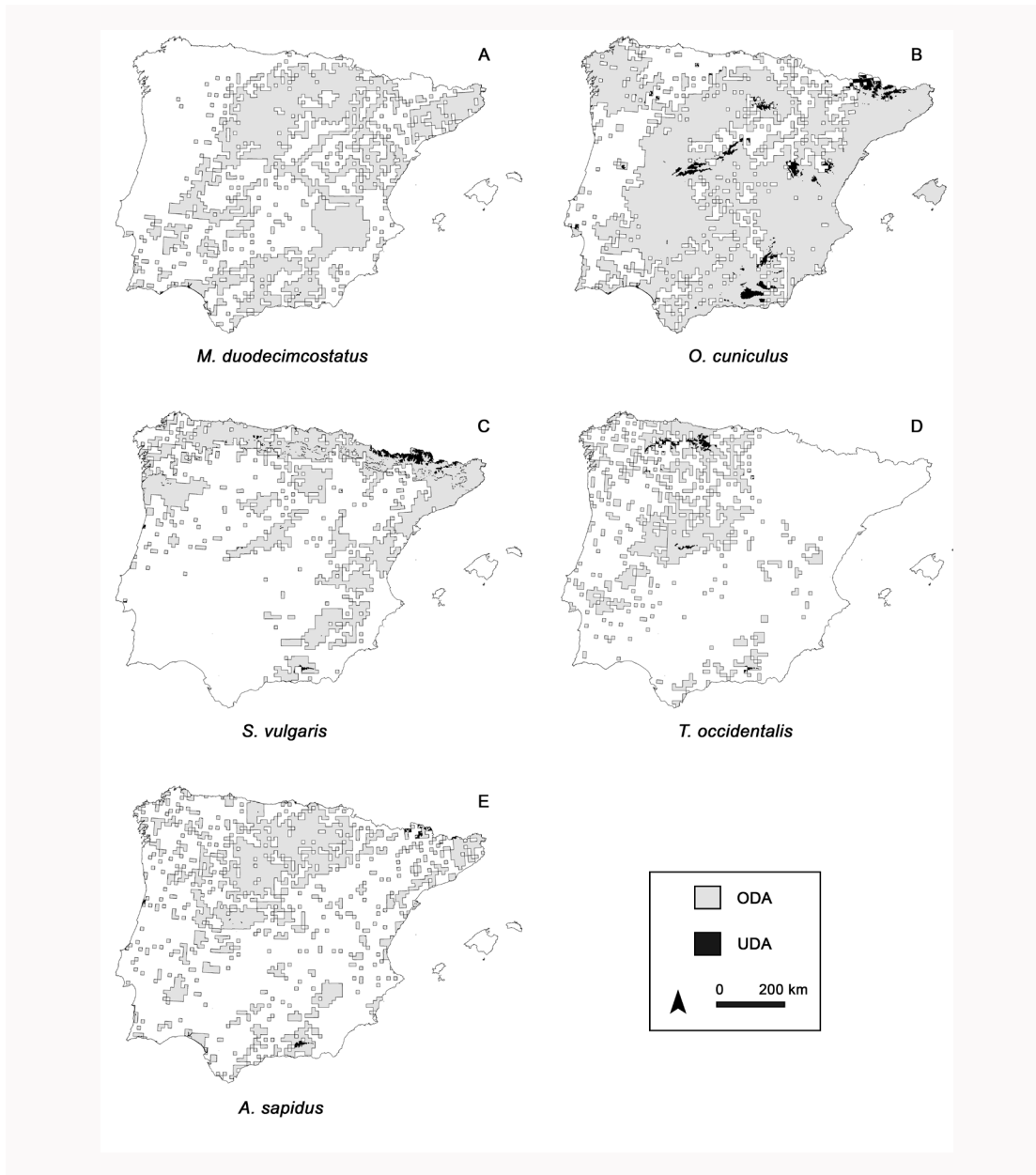
Material Suplementario Figura 1. Desviación estándar para los valores de altitud de cada cuadrícula de 10 x 10 km codificada en tres secciones (blanco, gris y negro son bajo, medio y alto grado de heterogeneidad, respectivamente). Los valores de altitud proceden de la cartografía de altitud (metros sobre el nivel del mar) generado por la NASA *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Hijmans et al., 2005). Un zoom de la zona remarcada se ha incluido para señalar la heterogeneidad topográfica de una pequeña región.

*UDA-ODA discrimination
methodology*

La creación de las *Uncertain Distribution Areas* y las *Occupied Distribution Areas* para cada una de las especies identificadas en el yacimiento (Figuras 2, 3), definidas principalmente a partir de las elevaciones en las que se registran las mismas, responde a la motivación de aproximarnos a las áreas verdaderamente ocupadas por cada especie con el objetivo de que los valores climáticos resultantes del solapamiento de sus áreas de distribución reflejen más fielmente las condiciones climáticas en las que están presentes en la actualidad

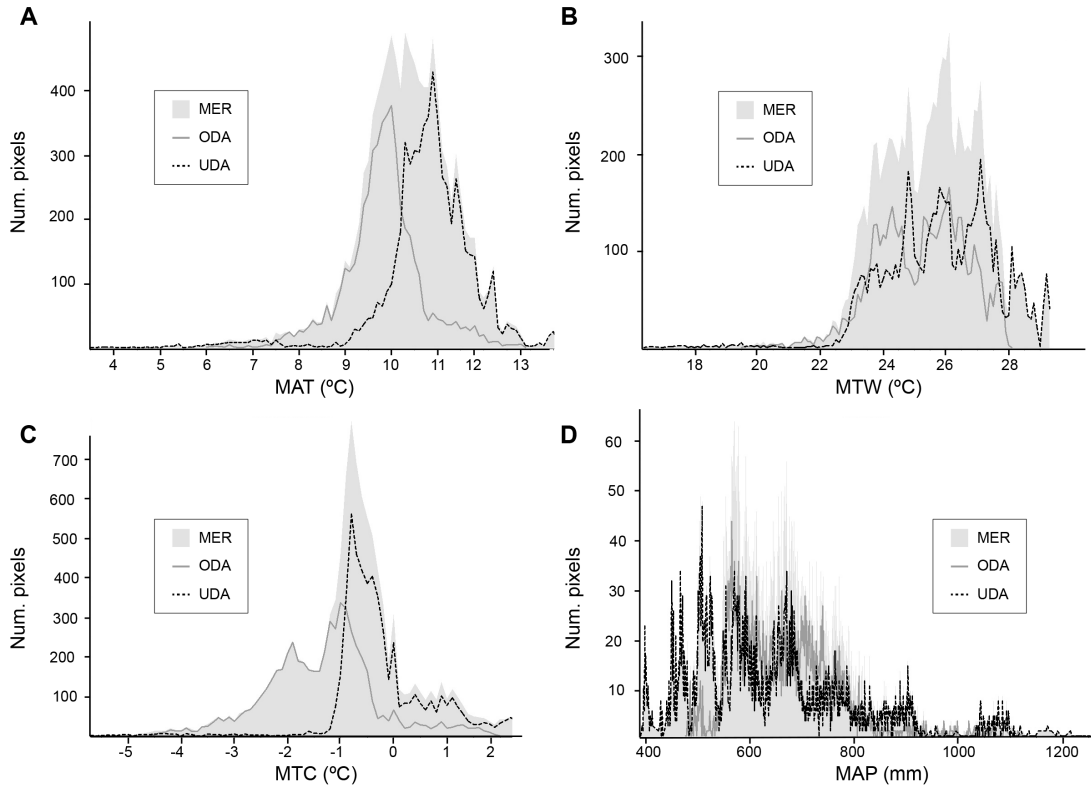


Material Suplementario Figura 2. Áreas de distribución ocupada (ODA, gris) y áreas de distribución incierta (UDA, negro) de *A. sylvaticus* (A), *E. europaeus* (B), *E. quercinus* (C), *M. agrestis* (D) y *M. arvalis* (E) en la península ibérica. La suma de ODA y UDA constituye la distribución de dichas especies obtenida del Atlas de los mamíferos terrestres de España (Palomo et al., 2007) y el Atlas de los mamíferos de Portugal (Bencatel et al., 2017).

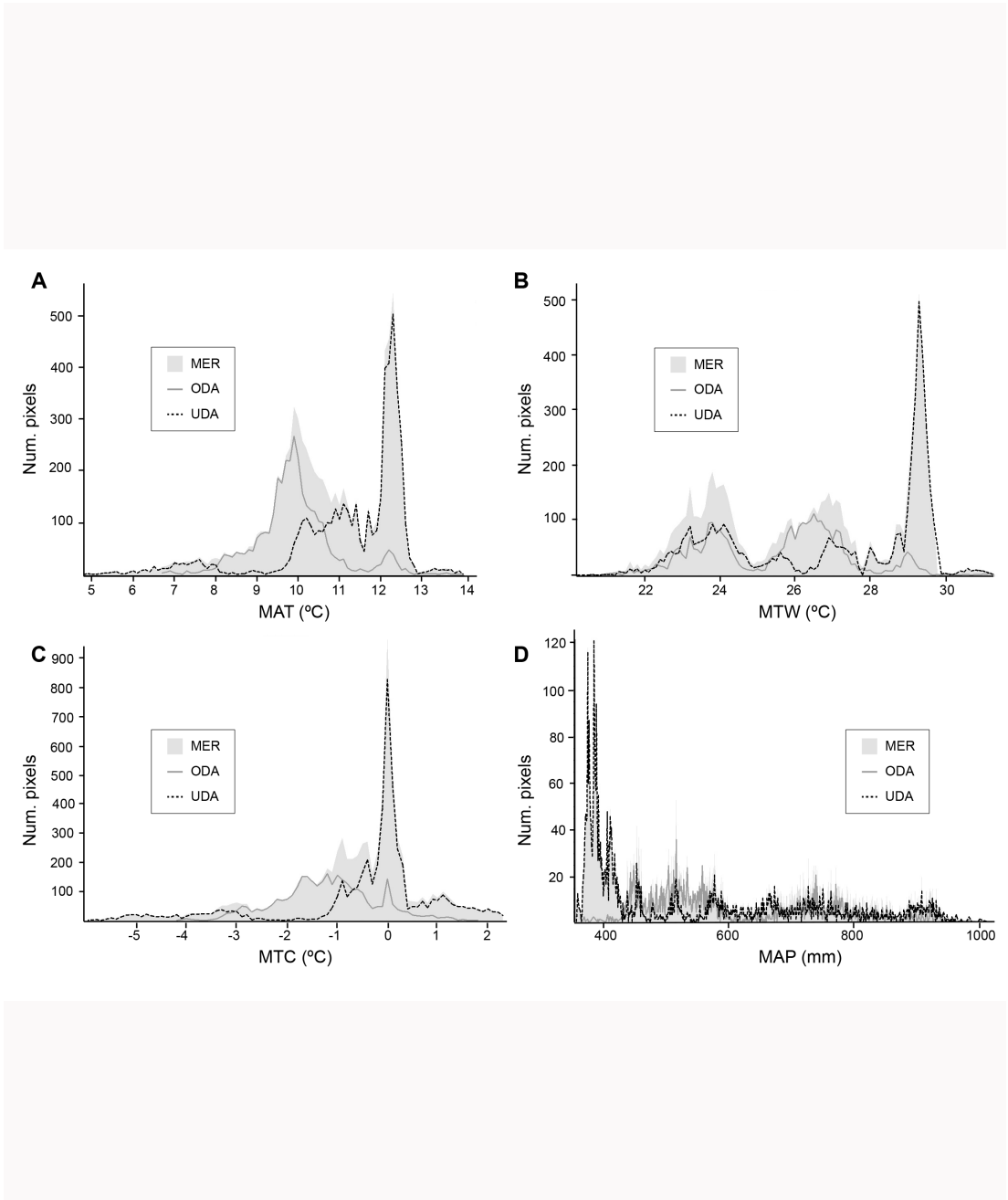


Material Suplementario Figura 3. Áreas de distribución ocupada (ODA, gris) y áreas de distribución incierta (UDA, negro) de *M. (T.) duodecimcostatus* (A), *O. cuniculus* (B), *S. vulgaris* (C), *T. occidentalis* (D) y *A. sapidus* (E) en la península ibérica. La suma de ODA y UDA constituye la distribución de dichas especies obtenida del Atlas de los mamíferos terrestres de España (Palomo et al., 2007) y el Atlas de los mamíferos de Portugal (Bencatel et al., 2017).

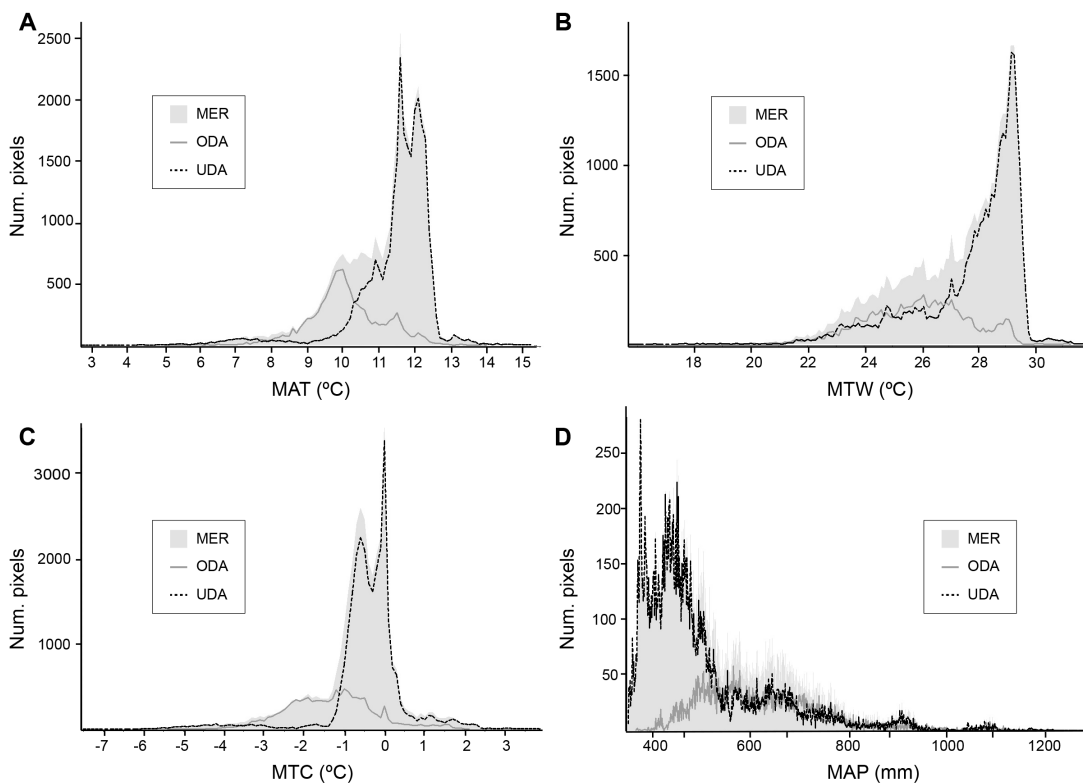
Para todas las variables analizadas (MAT, MTC, MTW y MAP) y todas las asociaciones estudiadas (Xb S3, V-24 S9/7, V-24 S8 and V-25), ODA y UDA fueron significativamente diferentes. UDA registró temperaturas superiores (MAT, MTC, MTW) y precipitaciones menores (MAP) en todas las asociaciones (Figuras 4-7).



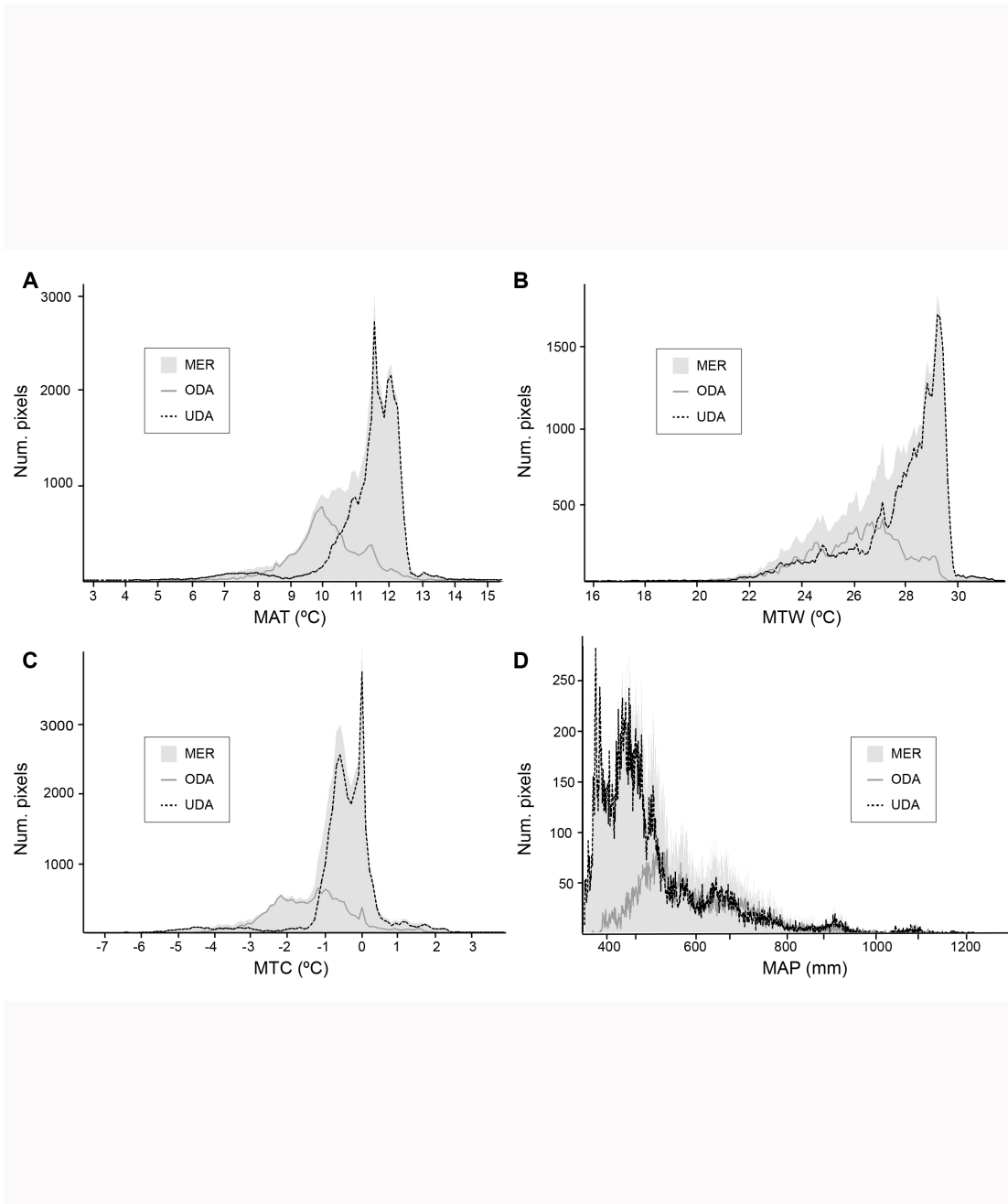
Material Suplementario Figura 4. Número de píxeles codificando cada valor de A) MAT, B) MTW, C) MTC y D) MAP obtenida a través del MER method, y los valores para ODA y UDA para Xb S3.



Material Suplementario Figura 5. Número de píxeles codificando cada valor de A) MAT, B) MTW, C) MTC y D) MAP obtenida a través del MER method, y los valores para ODA y UDA para V-24 S9/7.



Material Suplementario Figura 6. Número de píxeles codificando cada valor de A) MAT, B) MTW, C) MTC y D) MAP obtenida a través del MER method, y los valores para ODA y UDA para V-24 S8.



Material Suplementario Figura 7. Número de píxeles codificando cada valor de A) MAT, B) MTW, C) MTC y D) MAP obtenida a través del MER method, y los valores para ODA y UDA para V-25.

BLOQUE 4

Micromamíferos de la Unidad IVd de Abric del Pastor

Tal y como se explica en el apartado de Estructura de la Tesis, en el Bloque 4 se incluyen los resultados y la discusión del estudio de los micromamíferos de la Unidad IVd de Abric del Pastor. Estos análisis forman parte de una investigación multidisciplinar centrada en la caracterización ambiental a partir de diferentes *proxies* (biomarcadores lipídicos, geoquímica, micromorfología, antracología, macro y microvertebrados) de parte de la secuencia de este yacimiento y que acaba de ser publicado (Connolly et al., *in press*). En este bloque se aporta como novedad respecto a este artículo la aplicación de la metodología UDA-ODA *discrimination methodology* a las faunas de micromamíferos hallados en este yacimiento.

Resultados

Asociación de microvertebrados

Los taxones de micromamíferos identificados en la unidad IVd son *Crocidura gr. russula-gueldenstaedtii*, *Microtus (I.) cabreræ*, *Apodemus sylvaticus* y *Eliomys quercinus*. La asociación estudiada está caracterizada por el predominio de *A. sylvaticus* (MNI=15), seguido de *E. quercinus* (MNI=3) y por último *M. (I.) cabreræ* y *C. gr. russula-gueldenstaedtii* (MNI=1). Los reptiles y anfibios han sido estudiados por Rafael Marquina Blasco, quien ha identificado cf. *Podarcis* sp. (NMI=8), *Pelodytes* sp., cf. *Timon lepidus* s.l., Colubridae indet., *Coronella girondica* y Viperida indet (MNI=1) y también se incluyen en el estudio ambiental y climático en esta Tesis Doctoral.

Paleontología sistemática

Filum CHORDATA Bateson, 1885
Clase MAMMALIA Linnaeus, 1758
Orden EULIPOTYPHILA Waddell et al., 1999
Familia Soricidae Fischer, 1817
Género *Crocidura* Wagler, 1832
C. gr. russula-gueldenstaedtii

MATERIAL: 1 M1 (AP-IVd-x-143); 1 M3 (AP-IVd-x-142)

Descripción

M1: Diente no pigmentado. El metalofo no alcanza el hipocono. El flanco hipoconal está bien desarrollado y presenta una marcada emarginación posterior. El mesostilo es continuo. La paracresta es la cresta más corta del ectolofo. El metastilo es largo. El cíngulo posterior está bien desarrollado y se presenta entre el metaestilo y la emarginación posterior. El metacono y el protocono son más altos que el paracono. El ectolofo es muy asimétrico.

M3: Diente no pigmentado. El cíngulo anterior es débil y termina cerca del parastilo. El mesostilo es continuo y la postmetacresta es larga.

Observaciones

Los elementos identificados se caracterizan por la ausencia de pigmentación y los molares se extienden labio-lingualmente, características típicas del género *Crocidura* (Furió, 2007). Este es el único género de musarañas con dientes no pigmentados durante el Pleistoceno Superior de la península ibérica, con dos especies, *C. russula* y *C. gueldenstaedtii* registradas en este intervalo de tiempo. Los restos recuperados no son suficientes para atribuir los restos al nivel

de especie. Por esta razón, este material se identifica como *C. gr. russula-gueldenstaedtii*.

Orden RODENTIA Bowdich, 1821
 Familia Cricetidae Fischer, 1817
 Género *Microtus* Schrank, 1798
 Subgénero *Iberomys* Chaline, 1972
Microtus (Iberomys) cabreræ Miller, 1908

MATERIAL: 1 M3 (AP-IVd-x-130); 1 Md (AP-IVd-x-133); 1 m1 (AP-IVd-x-133a); 1 m2 (AP-IVd-x-133b); 2 m3 (AP-IVd-x-131, AP-IVd-x-134)

Descripción

M3: El diente es hipselodonto. Los triángulos presentan cemento en los ángulos reentrantes. Hay una gran asimetría labio-lingual.

m1: El diente es hipselodonto. Los triángulos presentan cemento en los ángulos reentrantes. LRA 3 y BRA 3 se alternan. T4 y T5 no confluyen. Los triángulos son agudos.

m2: El diente es hipselodonto. Los triángulos presentan cemento en los ángulos reentrantes. Hay una gran asimetría labio-lingual, siendo los triángulos salientes mucho más alargados en dirección lateromedial y más agudos que los labiales.

m3: Los dientes son hipselodontos. Los triángulos presentan cemento en los ángulos reentrantes. Hay una gran asimetría labio-lingual. Un espécimen muestra el morfotipo I (AP-IVd-x-131) con los triángulos uno y dos cerrados, y el otro muestra el morfotipo II (AP-IVd-x-134) con triángulos casi confluentes (Ayarzagüena y López Martínez, 1976).

Observaciones

Los restos asignados a *Microtus (I.) cabreræ* muestran ángulos salientes agudos y abundante cemento en los ángulos reentrantes. El primer molar inferior tiene cinco triángulos

cerrados y una apariencia moderadamente asimétrica, ya que los triángulos labiales son más cortos que los linguales. La mandíbula encontrada incluye en su borde ventral un proceso digástrico muy desarrollado, que es una característica diagnóstica del subgénero *Iberomys* (Ayarzagüena y López Martínez, 1976). Todos estos caracteres permiten incluir el material recuperado de Abric del Pastor en la especie *M. (Iberomys) cabreræ*.

Familia Muridae Fischer, 1817
 Género *Apodemus* Kaup, 1829
Apodemus sylvaticus Linnaeus, 1758

MATERIAL: 1 Mx (AP-IVd-x-46), 21 M1 (AP-IVd-x-26 to AP-IVd-x-45, AP-IVd-x-46a); 20 M2 (AP-IVd-x-46b, AP-IVd-x-47 to AP-IVd-x-64, AP-IVd-x-113); 15 M3 (AP-IVd-x-103 to AP-IVd-x-118); 2 Md (AP-IVd-x-24, AP-IVd-x-85); 1 i (AP-IVd-x-24a); 25 m1 (AP-IVd-x-1 to AP-IVd-x-23, AP-IVd-x-24b, AP-IVd-x-25); 23 m2 (AP-IVd-x-24c, AP-IVd-x-65 to AP-IVd-x-84, AP-IVd-x-85a, AP-IVd-x-101); 17 m3 (AP-IVd-x-24d, AP-IVd-x-86 to AP-IVd-x-100, AP-IVd-x-102)

Descripción

M1: t1bis está presente en cuatro de diecisiete especímenes. t2bis se observa en ocho de dieciocho, mientras que dieciséis especímenes tienen un *spur* en el t3. t12 siempre aparece bien desarrollado. t4 y t7 se presentan unidos.

M2: El t9 está bien desarrollado. t1 y t3 son grandes y aislados. Presenta cuatro raíces.

M3: El t1 es grande y aislado. El t3 se encuentra ausente. El t4, t5, t6 y t8 están conectados.

m1: El tma está bien desarrollado. El anterocónido es simétrico y está unido al metacónido por una cresta estrecha. El cíngulo labial está bien desarrollado y tiene un

gran y redondeado c1 y uno o dos cúspides accesorias. El talón posterior es redondo u ovalado y está desplazado hacia el lado lingual del molar. Tiene dos raíces.

m2: La parte anterolabial es grande y ovalada. El cíngulo labial está poco desarrollado. El tubérculo posterior es grande, redondo u ovalado y está desplazado hacia el lado lingual. Tiene dos raíces.

m3: La cúspide anterolabial está ausente. Cuatro especímenes tienen un c1.

Observaciones

El estudio de las poblaciones actuales del género *Apodemus* ha permitido diferenciar las especies incluidas en este género y que aparecen en el registro paleontológico. La longitud relativa ($L/A = 1,08$) del m2 y la presencia de un t9 bien desarrollado en casi todos los M2 según Michaux y Pasquier (1974) y Arrizabalaga et al. (1999) constituyen características típicas de *A. sylvaticus*.

Familia Gliridae Muirhead, 1819

Género *Eliomys* Wagner, 1840

Eliomys quercinus Linnaeus, 1766

MATERIAL: 1 D4 (AP-IVd-x-119); 3 M1-2 (AP-IVd-x-121, AP-IVd-x-124, AP-IVd-x-126); 1 M3 (AP-IVd-x-122); 1 p4 (AP-IVd-x-120); 3 m1-2 (AP-IVd-x-123, AP-IVd-x-128, AP-IVd-x-129), 1 m3 (AP-IVd-x-127)

Descripción

D4: Tiene un contorno sub-triangular. El protolofo es continuo. El posterolofo es bajo y está conectado lingualmente al protocono.

M1-2: El anterolofo está conectado a una altura media al paracono en AP-IVd-x-121 y AP-IVd-x-126. El desgaste y las evidencias de digestión no permiten observar la conexión entre el anterolofo y el paracono en AP-IVd-x-124. El paracono es la cúspide más alta, y se encuentra separado del metacono, que también es alto. El protolofo y el

metalofo son continuos. El precentrolofo tiene una longitud corta en dos de tres especímenes. El tercer espécimen tiene longitud media. El postcentrolofo está presente en dos de tres especímenes, siendo uno muy corto y otro de longitud media. El precentrolofo es siempre más grande que el poscentrolofo.

M3: El paracono es la cúspide más alta, y está separada del metacono. El protolofo y el metalofo son continuos. El precentrolofo es corto mientras que el postcentrolofo está ausente.

p4: El diente está roto en su lado lingual. Mesocónido e hipocónido están separados. El posterolófidio es curvo.

m1-2: El anterolófidio es continuo y está conectado al protoconido. No hay anterotrópidos. No hay controlófidios ni posterotrópidos. El metacónido y el entocónido están separados por un valle estrecho. El metalófidio es discontinuo en uno de dos especímenes. El mesolófidio es discontinuo. El hipocónido es grande.

m3: Anterolófidio continuo, en contacto con el metacónido. Las crestas accesorias están ausentes. No hay controlófidios. Hay un valle estrecho entre metacónido y entocónido.

Observaciones

Eliomys quercinus, *Glis glis* y *Muscardinus avellanarius* son las tres especies de glíridos registradas en la península ibérica durante el Pleistoceno Superior. La morfología observada en los especímenes de la Unidad IVd del Abric del Pastor es muy similar a la de *Eliomys quercinus*: la superficie es cóncava con cúspides bien desarrolladas, presentan un bajo número de crestas transversales y ninguna cresta accesoria en los molares inferiores. De acuerdo con Ruiz Bustos et al. (1982) y Paunescu y Abbassi (2002), estas morfologías son características diagnósticas de la especie *E. quercinus*.

Taxón	Elemento	Medida	n	Min.	Max.	Media	S
<i>Crocidura gr. russula-gueldenstaedtii</i>	M1	BL	1			1,29	
		AP	1			1,59	
		AA	1			1,57	
		PE	1			0,96	
		LL	1			1,23	
	M3	L	1			0,55	
		W	1			1,12	
<i>M. (I.) cabrerai</i>	M3	L	1			2,35	
		W	1			1,09	
	m2	L	1			1,71	
		W	1			1,07	
	m3	L	1			1,29	
		W	1			0,89	
<i>A. sylvaticus</i>	M1	L	19	1,75	2,04	1,93	0,07
		W	17	1,13	1,28	1,20	0,04
	M2	L	18	1,24	1,44	1,32	0,06
		W	18	1,13	1,28	1,20	0,04
	M3	L	10	0,87	1,04	0,96	0,06
		W	10	0,79	0,97	0,90	0,06
	m1	L	21	1,72	1,89	1,80	0,05
		W	20	1,05	1,18	1,10	0,04
	m2	L	16	1,15	1,49	1,21	0,08
		W	15	1,00	1,33	1,12	0,08
	m3	L	14	0,98	1,14	1,05	0,05
		W	14	0,85	0,97	0,91	0,04
<i>E. quercinus</i>	D4	L	1			0,82	
		W	1			1,18	
	M1-2	L	3	1,26	1,48	1,35	0,11
		W	3	1,77	1,87	1,80	0,06
	M3	L	2	1,32	1,35	1,34	0,02
		W	2	1,61	1,71	1,66	0,07
	m1-2	L	3	1,29	1,43	1,37	0,07
		W	3	1,60	1,77	1,67	0,08
	m3	L	1			1,19	
		W	1			1,26	

Tabla 6. Medidas tomadas en milímetros de los restos dentales de micromamíferos procedentes de la Unidad IVd de Abric del Pastor. Min: Valor mínimo, Max: Valor máximo, S: desviación estándar.

Reconstrucción climática y ambiental

La aplicación del *Habitat Weighting Method* sobre los micromamíferos y la herpetofauna identificada en la Unidad IVd de Abric del Pastor da como resultado un ambiente predominantemente formado por bosques abiertos (OWo=47 %). A continuación, los ambientes de bosque (W) y praderas húmedas (OH) son los siguientes más representados con un 23 y un 22 % respectivamente. Por el contrario, los ambientes rocosos y las praderas secas tienen una baja representación en la muestra (Tabla 7; Figura 37).

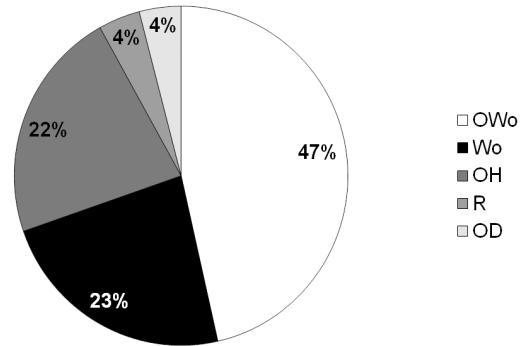


Figura 37. Porcentaje de cada hábitat representado en el entorno del yacimiento en el momento de formación de la Unidad IVd de Abric del Pastor basado en el HWM sobre micromamíferos, anfibios y reptiles. OD: Praderas secas; OH: Praderas húmedas; OWo: Bosques abiertos; Wo: Bosques; R: Roquedo.

La aplicación de UDA-ODA *discrimination methodology* sobre micromamíferos y reptiles da como resultado un área de sola-

Taxon	NISP	NMI	%	OD	OH	OWo	Wo	R	W
<i>Pelodytes</i> sp.	1	1	3,03	0,33	0,16	0,25	0,08	0,16	0
Lacertidae indet.	21	-	-	-	-	-	-	-	-
cf. <i>Timon lepidus</i> s.l.	5	1	3,03	-	-	-	-	-	-
cf. <i>Podarcis</i> sp.	16	8	24,24	-	-	-	-	-	-
Serpentes indet.	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Colubridae indet.	5	1	3,03	-	-	-	-	-	-
<i>Coronella girondica</i>	7	1	3,03	0,25	0,05	0,35	0,2	0,15	0
Viperidae indet.	1	1	3,03	-	-	-	-	-	-
<i>Crocidura russula-gueldenstaedtii</i>	2	1	3,03	0,4	0,1	0,4	0,1	0	0
<i>Microtus (l.) cabreræ</i>	6	1	3,03	0	0,5	0,5	0	0	0
<i>Eliomys quercinus</i>	9	3	9,09	0	0,1	0,4	0,3	0,2	0
<i>Apodemus sylvaticus</i>	125	15	45,45	0	0,25	0,5	0,25	0	0
Total	200	33	100	4	22	47	23	4	0

Tabla 7. Número de Especímenes Identificados (NISP), Número Mínimo de Individuos (NMI) y porcentaje (%) de pequeños mamíferos, anfibios y reptiles de la Unidad IVd de Abric del Pastor. Puntuación de cada especie para cada uno de los hábitats establecidos en el método de la ponderación de los hábitats (HWM) (Whittaker, 1948; Rowe, 1956, Gauch, 1989, López-García et al., 2010) según preferencias actuales (Palomo et al., 2007). OD: Praderas secas; OH: Praderas húmedas; OWo: Bosques abiertos; Wo: Bosques; R: Roquedo; W: agua. Los guiones indican que los taxones correspondientes no pudieron ser clasificados por hábitats.

pamiento grande, que cubre buena parte de la península ibérica (Figura 38). La media de los parámetros climáticos calculados indica una MAT de 12,49 °C, una MTC de 0,98 °C y una MTW de 27,87 °C. Por otro lado, la precipitación obtenida indica un régimen de lluvias anuales de 631,47 mm (Tabla 8).

Los pisos bioclimáticos obtenidos tras la intersección de las áreas en las que están representadas todas las especies con la cartografía digital del Mapa de Series de Vegetación de España (Rivas-Martínez., 1987) para la Unidad IVD de Abric del Pastor son los pisos alpino, subalpino, montano, colino, crioromediterráneo, oromediterráneo, supramediterráneo, mesomediterráneo y termomediterráneo, siendo el piso mesomediterráneo el de mayor representación (Figura 39).

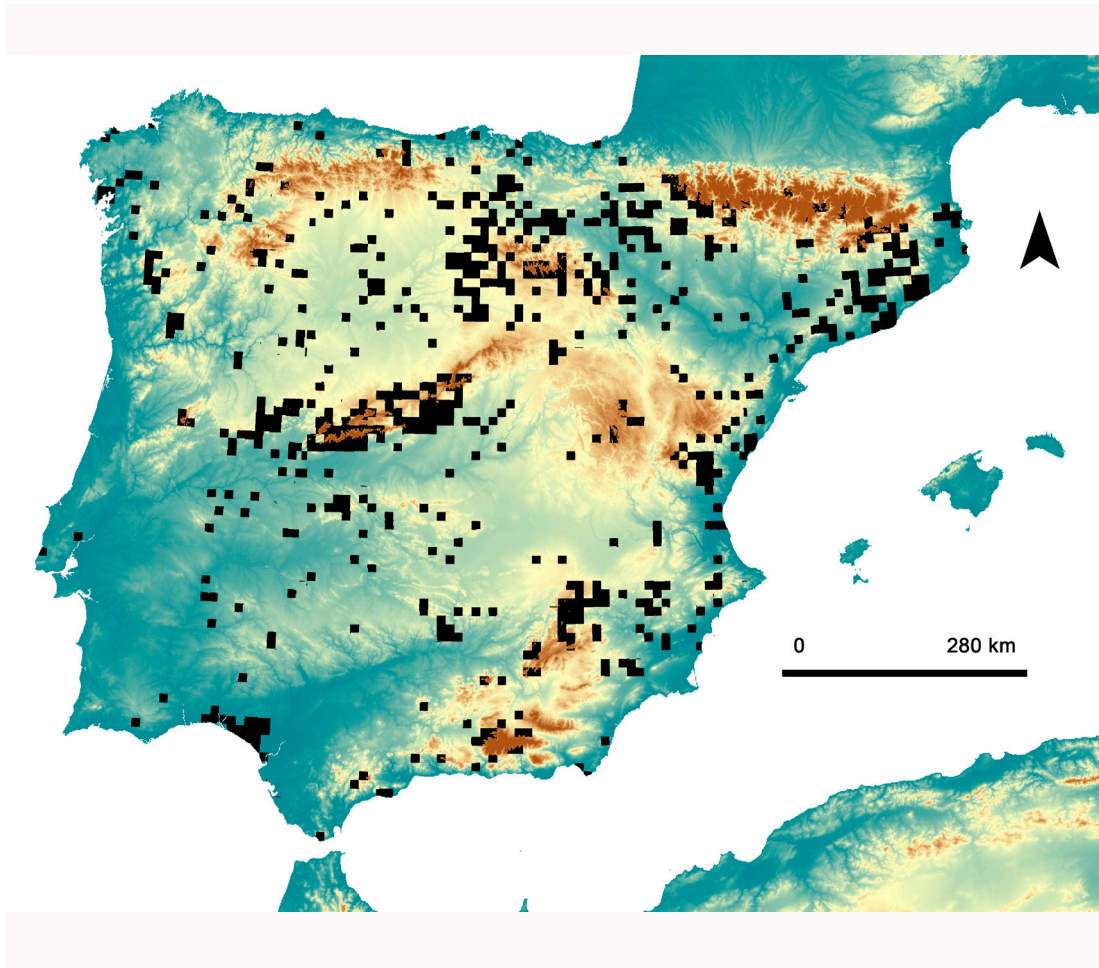


Figura 38. Áreas de solapamiento de micromamíferos y reptiles identificados en la Unidad IVD del Abric del Pastor en la península ibérica.

	Min.	Max.	Media	S	Δ	Alcoi
MAT	5,4	18,3	12,49	2,51	-1,21	13,7
MTC	-5,1	8,5	0,98	2,64	-0,72	1,7
MTW	18,6	36	27,87	3,21	-0,63	28,5
MAP	220	1759	631,47	235,11	89,17	542,3

Tabla 8. Valores de temperatura y precipitación obtenidas a través de UDA-ODA *discrimination methodology* para la asociación fósil de la Unidad IVd de Abric del Pastor y valores actuales para Alcoi, basado en Hijmans et al. (2005). Min: Valor mínimo, Max: Valor máximo, S: desviación estándar, Δ: diferencia respecto a los valores actuales, MAT: temperatura media anual, MTC: temperatura mínima del mes más frío, MTW: temperatura máxima del mes más cálido, MAP: precipitación media anual.

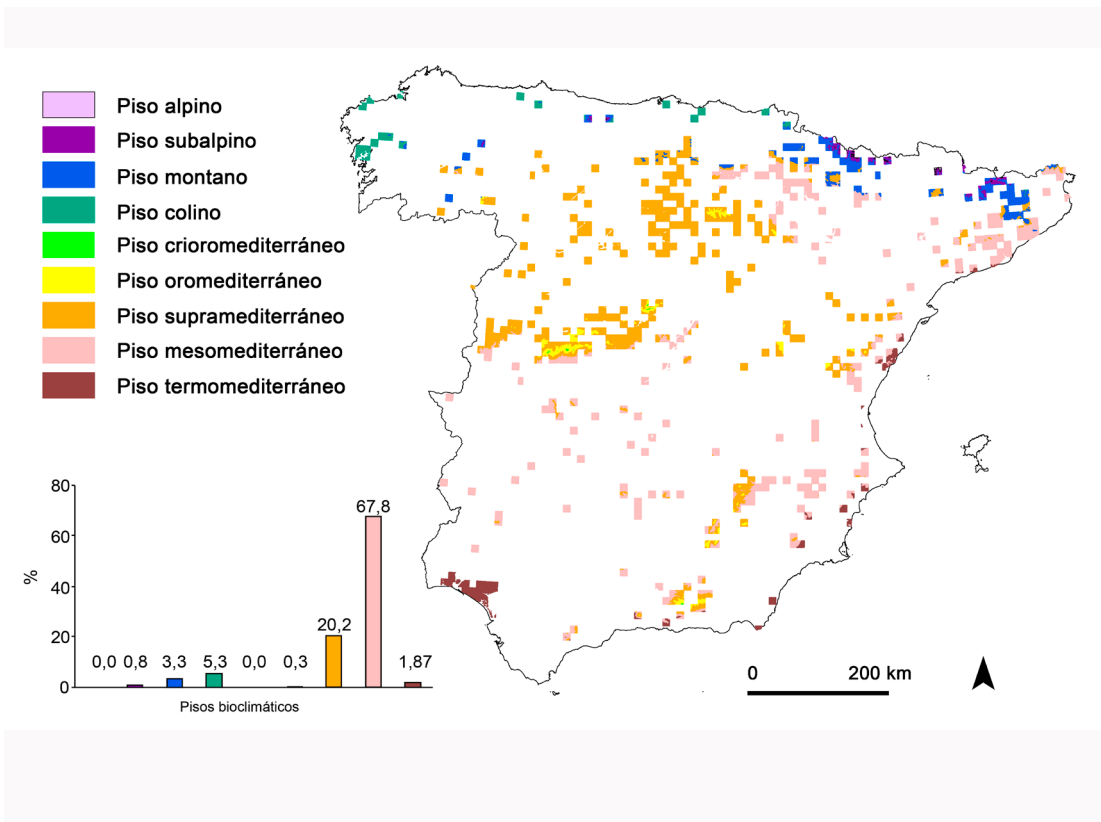


Figura 39. Pisos bioclimáticos (Rivas-Martínez, 1987) presentes en las áreas de solapamiento de *A. sylvaticus*, *E. quercinus* y *C. gironica* (Pleguezuelos et al., 2002; Palomo et al., 2007) y su representación en %. El trabajo de Rivas-Martínez (1987) incluye información para España, por lo que este análisis no ha podido realizarse en la totalidad de la península ibérica.

Discusión

Reconstrucción climática y ambiental a partir del estudio de los pequeños vertebrados

El resultado de aplicar UDA-ODA *discrimination methodology* a la asociación fósil de la Unidad IVd de Abric del Pastor revela unas condiciones más frías y ligeramente más lluviosas respecto a la actualidad en la zona de estudio (Tabla 8), no obstante, se trata de unas condiciones enmarcadas en el piso mesomediterráneo, actualmente también presente en el barranco donde se ubica el yacimiento. Respecto al HWM, el predominio de los ambientes de bosque abierto, es decir de lindes y parches de bosque con una cobertura de vegetación moderada, se debe a la abundancia de *A. sylvaticus*. Esta especie ubiquitista se encuentra registrada en casi todos los hábitats descritos en España, desde áreas subdesérticas hasta el piso subalpino de la Región Eurosiberiana, hasta los 1850 metros por encima del nivel del mar, ocupando áreas con buena cobertura arbustiva o arbórea (Palomo et al., 2007). La existencia de especies ligadas a ambientes rcosos como *E. quercinus*, *Pelodytes* sp., *Coronella girondica* y Viperidae indet. se explica por la posición del abrigo dentro de un barranco con un importante gradiente altitudinal y zonas escarpadas que dificultan el establecimiento de la vegetación arbórea. Las especies ligadas a cursos de agua estable no tienen representación en la muestra, aunque la presencia de *Pelodytes* sp., si bien en proporciones bajas, denota la existencia de cursos de agua temporales.

Los análisis tafonómicos encaminados a conocer el agente acumulador de los restos de micromamíferos a través del análisis de la digestión en elementos dentales y en el esqueleto postcraneal (fémures y húmeros), dieron como resultado un predador de la

categoría 3 de digestión (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo and Andrews, 1992; Fernández-Jalvo et al., 2016), concretamente *Bubo bubo* (Búho real) (Connolly et al., *in press*). Al tratarse de un predador generalista que caza las presas disponibles del entorno indistintamente, se considera que el espectro de presas refleja fielmente la comunidad de micromamíferos del entorno (Andrews, 1990). Esta rapaz nocturna presenta un área de campeo en la actualidad que va de los 4 a los 20 km², siendo mayor o menor el tamaño de las áreas de campeo según la calidad de los territorios y la disponibilidad de presas (Cramp, 1985; León-Ortega, 2005). La reconstrucción paleoambiental y climática según el estudio de los micromamíferos puede por tanto aplicarse al área de campeo del búho real (Figura 40). El área mínima incluye el barranco principalmente, mientras que el área máxima incluye espacios mucho más abiertos (Valle del Serpis). Las presas por tanto podrían proceder del fondo del barranco y/o las áreas más bajas del valle.

Comparación de *proxies*: microvertebrados y carbones

Los resultados del análisis de los carbones recuperados en el yacimiento del Abric del Pastor para la Unidad estudiada (IVd) muestran el predominio de *Juniperus* sp. (36 %) y la prevalencia de condiciones supramediterráneas secas a semiáridas (MAT de 8 a 13 °C y MAP de 200 a 600 mm). Según la teoría *firewood catchment territory*, considerada para los grupos de cazadores recolectores y basada en modelos teóricos y estudios etnoarqueológicos (Vita-Finzi y Higgs, 1970; Jarman et al. 1972; Alix, 2008; Steelandt et al 2013), cabría esperar un área reducida de entre 1 y 5 km de radio dedicada a la búsqueda de madera muerta y otras actividades como la caza (Vidal-Matutano, 2016). Los resultados climáticos por tanto se corresponderían con esa área de 1 a 5 km de la que provendría la madera como combustible para el fuego. Los resultados

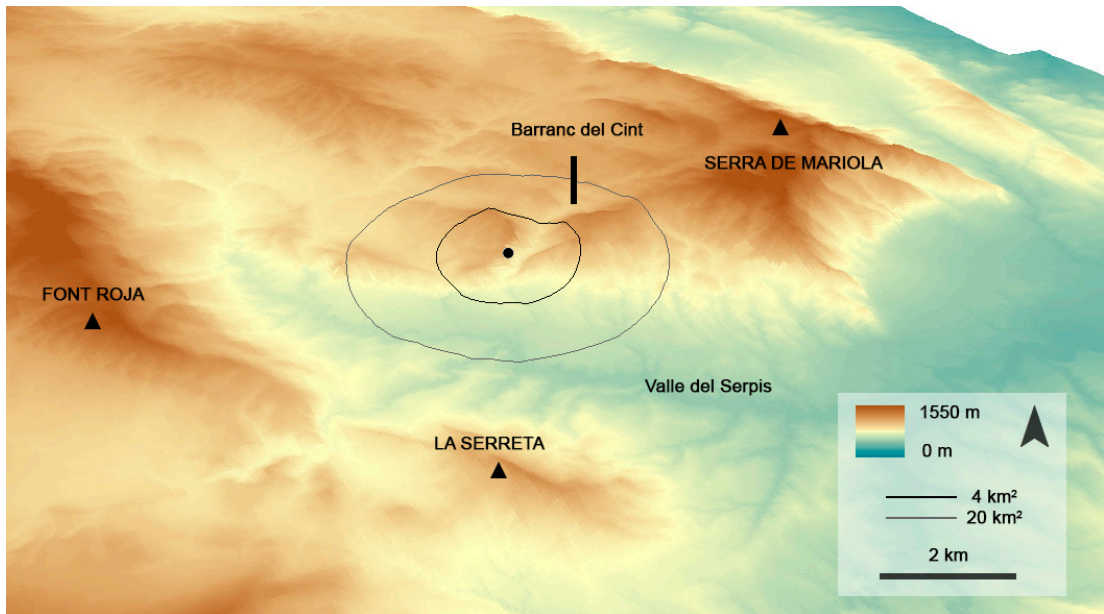


Figura 40. Área de campeo mínima (4 km²) y máxima (20 km²) para el búho real en torno al yacimiento del Abric del Pastor (punto negro) localizado en el interior del Barranc del Cint (Alcoi).

obtenidos a partir de estos dos *proxies*, carbones y microvertebrados, muestran resultados dispares, ya que la media de los valores de temperatura y precipitación obtenidos a través de la microfauna se sitúan en los valores más altos del intervalo obtenido por la antracología, y que pueden ser explicados por un origen diferente de los mismos. La madera muerta procedería de las áreas más elevadas y escarpadas, con una menor disponibilidad de agua, que explicaría los valores más secos y áridos. La mayor humedad obtenida a través de la asociación faunística se correspondería con la procedencia de ésta del fondo del barranco de donde procederían también los taxones de ribera identificados en el análisis antracológico o de las áreas más bajas y próximas al río Serpis ya en el valle, fuera del barranco. De hecho, a pesar de que se considera que el espectro de presas del búho real refleja la comunidad de especies del entorno, las especies de

zonas más abiertas y húmedas pueden estar sobrerrepresentadas (Andrews, 1990). Esto apoyaría el origen de la microfauna en las áreas externas al barranco, en zonas más bajas y próximas al río Serpis. No obstante, la inclusión en el método de reconstrucción del clima de especies de carácter generalista (*Apodemus sylvaticus*, *Eliomys quercinus* y *Coronella girondica*) y la ausencia de especies con requerimientos más específicos, puede resultar en unos valores medios de temperatura y humedad más elevados, lo que hace necesario tener en cuenta todos los valores del rango, especialmente los situados entre los mínimos y la media. Teniendo en cuenta esta horquilla de valores posibles de temperatura y precipitación sí se observa una mayor coincidencia de los valores obtenidos por los dos *proxies* en cuestión (Tabla 9). Asimismo, la amplia distribución de las especies de microvertebrados identificadas y su carácter generalista son los responsables del predominio del piso

mesomediterráneo (el de mayor extensión en la península) en contraposición al supramediterráneo, identificado a partir del estudio de los taxones vegetales quemados. No obstante, el piso supramediterráneo es el segundo piso con mayor representación según los estudios faunísticos (Figura 39), lo que indica al igual que en el caso de las temperaturas y las precipitaciones unos rangos de solapamiento entre disciplinas que en conjunto ayudan a esclarecer las condiciones ambientales y climáticas del entorno del pasado.

En la actualidad, la asociación de especies de microvertebrados (*A. sylvaticus*, *E. quercinus* y *C. girondica*) identificada en la Unidad Ivd de Abric del Pastor está presente en áreas donde se encuentran formaciones vegetales compuestas por *Pinus nigra-sylvestris* y *Juniperus sabina* (Anthos, 2012), los principales taxones vegetales identificados en dicha unidad (Figura 41). Aunque los restos de carbón pertenecientes a *Juniperus* sp. solo hayan podido ser identificados a nivel de género, el hallazgo de restos carpológicos pertenecientes a *J. sabina* nos indican que muy probablemente se trate también de esta especie (Vidal-Matutano et al., 2018). El solapamiento de las áreas de distribución de estos cinco taxones da como resultado 12 cuadrículas de 10 x 10 km donde coexisten dichas especies, lo que indica que en la actualidad siguen formando parte de la misma biocenosis.

Atendiendo a la distribución de *M. (I.) cabreræ* (Palomo et al., 2007), que actualmente está catalogado como *Near Threatened* (Fernandes et al., 2019) en la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), en comparación con la distribución de las especies *Juniperus sabina* y *Pinus nigra-sylvestris*, el solapamiento es menor que con las otras especies de microvertebrados identificados (Figura 42). Este hecho puede ser debido en parte a la tendencia regresiva que este roedor viene experimentando en las últimas décadas (Fernández-Salvador, 2007), aunque muy probablemente en su práctica totalidad se deba a la diferencia de requerimientos entre *J. sabina* y *M. (I.) cabreræ*. Mientras que el topillo de Cabrera habita exclusivamente zonas climáticas estrictamente mediterráneas, rechazando los climas eurosiberianos, la sabina rastrera ocupa preferentemente el piso subalpino de la Región Eurosiberiana. Además, entre sus requerimientos ecológicos figuran los suelos poco húmedos, pobres en nitrógeno y una buena exposición a la luz. Por el contrario *M. (I.) cabreræ* precisa una cobertura herbácea que se mantenga verde todo el año, por lo que se establece en áreas con el nivel freático elevado: comunidades vegetales de juncuales, gramíneas perennes y, en menor medida, carrizales y vegetación nitrófila de cuneta. Las colonias de topillo se encuentran en los pisos bioclimáticos meso y supramediterráneos y el rango altitudinal se extiende entre los 250 y los 1500 m, aunque la mayoría de ellas se encuentra entre

	MAT			MAP		
	Min.	Max.	Media	Min.	Max.	Media
Microvertebrados	5,4	18,3	12,49	220	1759	631,47
Antracología	8	13	-	200	600	-

Tabla 9. Rangos de valores de temperatura (°C) y precipitación (mm) derivados del análisis de los pequeños mamíferos (UDA-ODA *discrimination methodology*) y carbones de la Unidad Ivd del Abric del Pastor (Alcoi, Alicante).

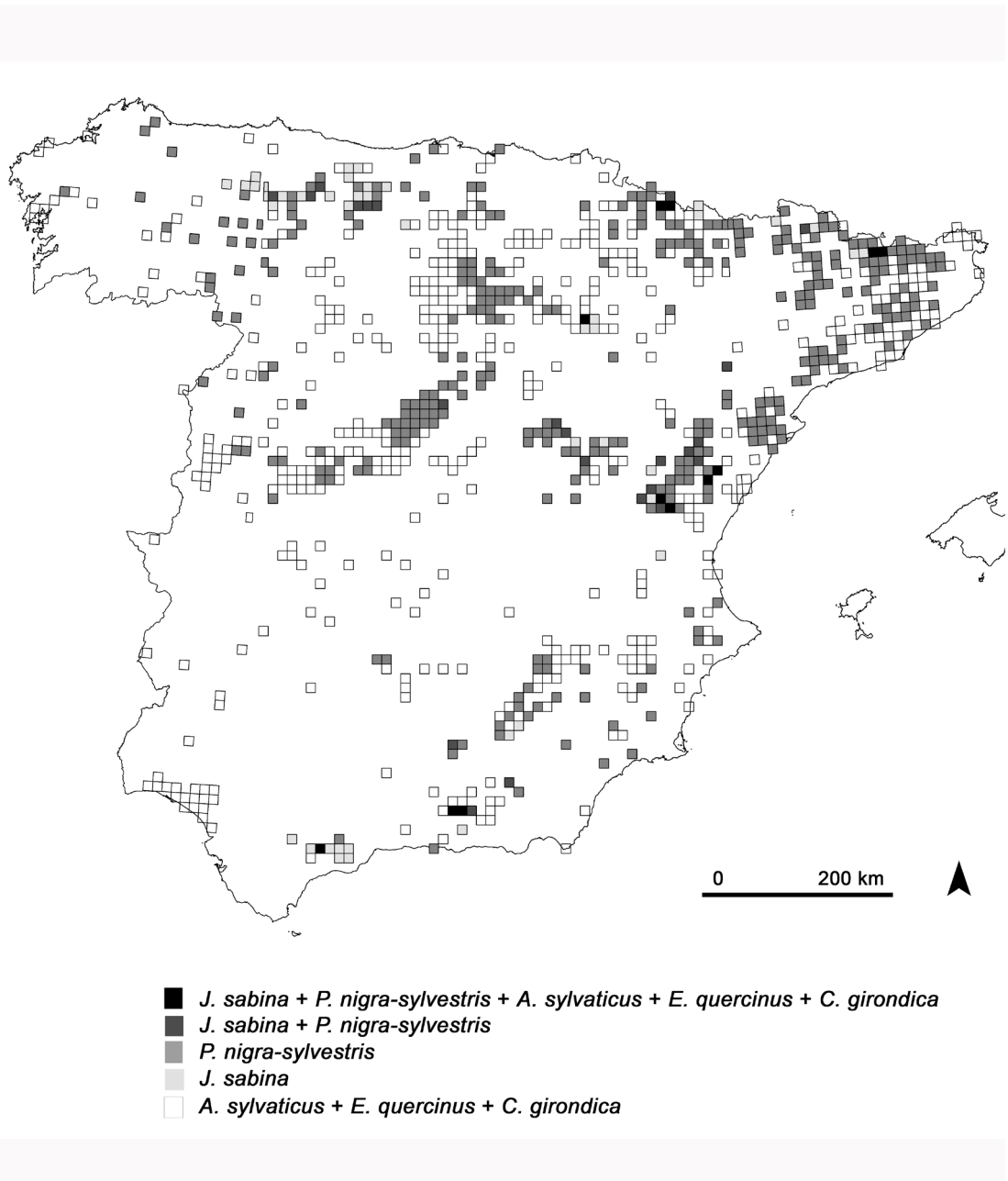


Figura 41. Cuadrículas de distribución de las especies animales *Apodemus sylvaticus*, *Eliomys quercinus* y *Coronella girondica* (Pleguezuelos et al., 2002; Palomo et al., 2007) y las taxones vegetales *Juniperus sabina* y *Pinus nigra-sylvestris* en España (Anthos, 2012).

500 y 1200 m. *J. sabina* actualmente está presente entre los 1400 a los 2750 metros (Fernández-Salvador, 2007; Anthos, 2019).

Castellanos-Frías et al. (2018) a partir del análisis de las dinámicas de nicho de *M. (I.) caberae* a lo largo del Pleistoceno Superior y Holoceno a través del uso de SDMs (*Species Distribution Models*) muestran un cambio en el nicho realizado para esta especie. Así, el topillo de cabra presentaría un nicho más amplio durante las fases glaciales que durante las interglaciares. La extrapolación de los requerimientos ecológicos de esta especie en la actualidad a los representantes del pasado conviene por tanto ser evitada. No obstante, del trabajo de estos autores se obtiene que las condiciones áridas y cálidas habrían sido factores más limitantes que las condiciones frías en épocas pasadas lo que nos permite asociar la especie a las áreas próximas al río en el Valle del Serpis o en el fondo del Barranc del Cint, apoyando la procedencia de los microvertebrados de áreas diferentes a la captación de la mayor parte de leña para los fuegos por parte de los grupos neandertales.

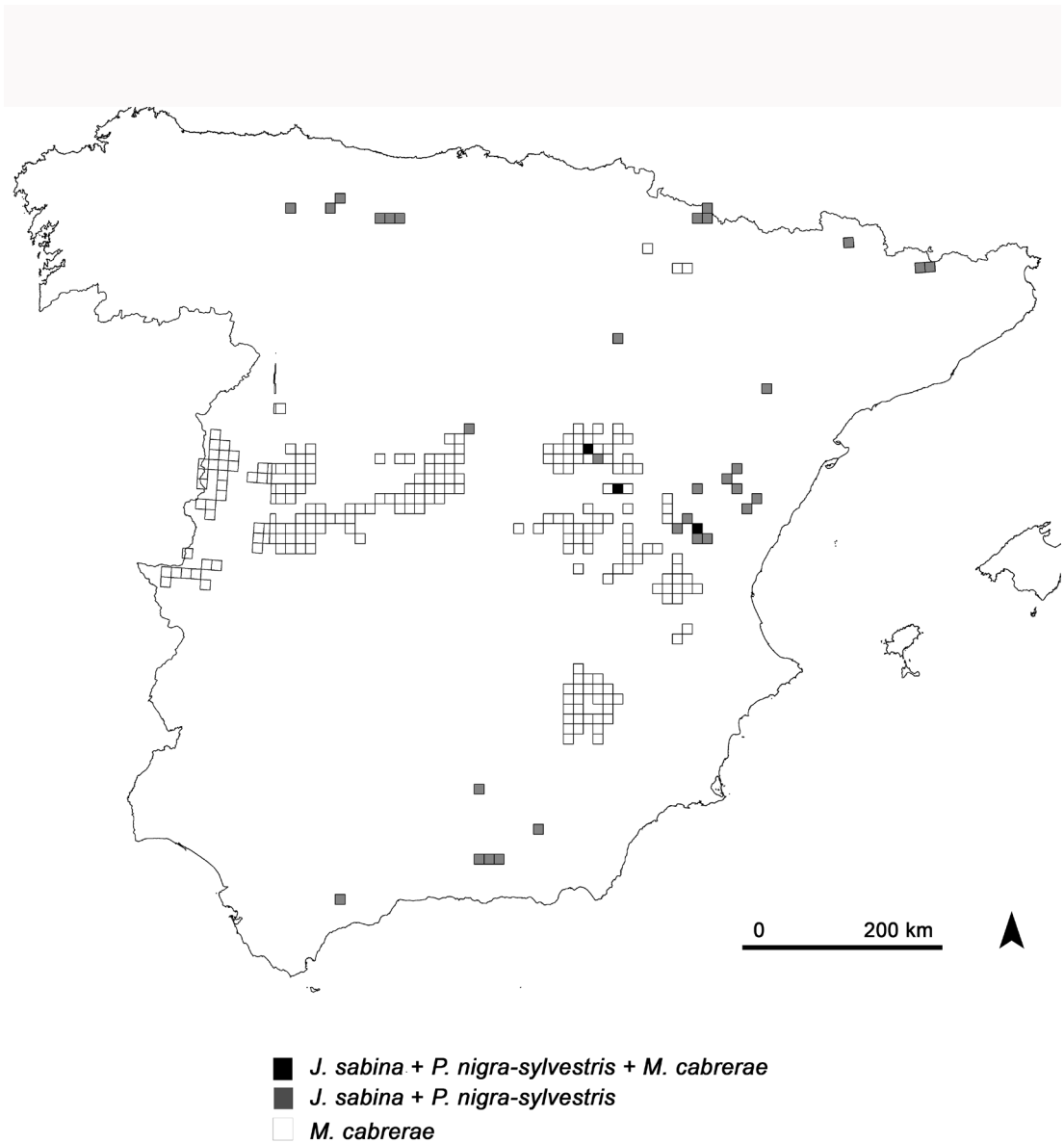


Figura 42. Cuadrículas de distribución de la especie animal *Microtus (I.) cabrerai* (Palomo et al., 2007) y las taxones vegetales *Juniperus sabina* y *Pinus nigra-sylvestris* (Anthos, 2012).

6. Discusión global



Este capítulo recoge una síntesis de las discusiones incluidas tanto en los diferentes artículos como en la parte inédita de esta Tesis, lo que permite integrar esta nueva información con lo que se conoce del contexto climático y ambiental de la región central del mediterráneo ibérico durante el MIS 4 y el MIS 3.

6.1 UDA–ODA *discrimination methodology*

La distribución de las especies incluida en los Atlas actuales supone una estimación aproximada de las áreas que realmente ocupan dichas especies, ya que esta codificación de las presencias/ausencias no constituye un registro de presencia puntual en sí misma (Polly y Eronen, 2011). La diferenciación dentro de cada cuadro de 10 x 10 km de las áreas a las que se ha denominado como ODA y UDA supone incrementar la precisión en la identificación del territorio verdaderamente ocupado por una especie. El nivel de significación obtenido tras aplicar un T-Test entre los valores derivados de las áreas ODA y UDA para cada especie identificada en el yacimiento y para cada parámetro climático calculado, demuestra que estos valores son estadísticamente diferentes. El establecimiento de las áreas ODA dentro de cada cuadro de registro de 10 x 10 km se realiza teniendo en cuenta los requisitos ecológicos que presentan las especies, por lo que estas áreas reflejan los valores climáticos asociados a cada especie de una manera más precisa que contabilizando íntegramente los 100 km² de la cuadrícula de 10 x 10 km. Cuanto mayor sea la heterogeneidad topográfica de un cuadro y cuanto más específicos sean los requerimientos de la especie considerada, mayores serán las diferencias de los parámetros climáticos estimados entre ODA y UDA.

A la hora de delimitar el territorio en el que en la actualidad cohabitan las mismas especies que las que integran la asociación

fósil estudiada para la extrapolación de los parámetros climáticos actuales al pasado, el uso de áreas de distribución más precisas para cada especie supone la selección de valores climáticos más representativos de la asociación identificada, por lo que las reconstrucciones climáticas derivadas serán más precisas. Los resultados del T-Test aplicado a cada variable climática y asociación estudiada apuntan a diferencias significativas en las estimaciones de las áreas comunes/no comunes del conjunto de especies determinadas en la asociación.

Las áreas ODA aportan por tanto una mejor representación de la distribución actual de las especies que la aportada por los Atlas tradicionales, y su uso en el UDA–ODA *discrimination methodology* aporta resultados claramente más precisos que si utilizamos las áreas originales (10 x 10 Km) de estos Atlas.

6.2 Paleoambiente y paleoclima en la región sureste de la península ibérica durante el MIS4–MIS3

6.2.1 Inferencia climática y ambiental para los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor y asignación cronológica

El estudio de los pequeños mamíferos, especialmente sensibles a los cambios de clima y hábitat (Thomas et al., 2004), permite obtener reconstrucciones climáticas precisas de los ecosistemas del pasado de los que formaron parte. En el caso de las secuencias estratigráficas de los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor, el estudio de los micromamíferos propicia realizar aproximaciones al clima y tipos de hábitats de los valles de Alcoi durante buena parte del Pleistoceno Superior. Las

secuencias estratigráficas de los yacimientos estudiados se enmarcan dentro del MIS 4 (71–57 ka) y MIS 3 (57–30 ka). En general, en Iberia, estos estadios se caracterizaron por ser generalmente fríos en el caso de MIS 4, y por una alternancia de fases cálidas y frías durante el MIS 3 (d’Errico y Sánchez Goñi, 2003). La caracterización taxonómica, bioestratigráfica y paleoecológica de las asociaciones de micromamíferos estudiadas, junto a la información obtenida a través de otros *proxies* (palinología o antracología entre otros), confrontadas con el marco de referencia ambiental y cronológico aportado por los sondeos marinos o de hielo a nivel global entre otros, permiten asignar los diferentes intervalos estratigráficos analizados a determinados momentos climáticos.

Del análisis cruzado de las diferentes disciplinas aplicadas a la Unidad IVd del yacimiento del Abric del Pastor se desprenden unas condiciones más frías y áridas que las existentes en la actualidad en la zona del Barranc del Cint, donde se ubica el yacimiento. De este análisis se desprende que en torno a los 63 ka (Mallol et al., *in press*), (MIS 4), las zonas más rocosas y elevadas estarían principalmente ocupadas por formaciones de *Juniperus*, mientras que las zonas más bajas y encajadas del barranco junto con el fondo del valle del Serpis, con características más húmedas, estarían dominadas por taxones de ribera y faunas con requerimientos ecológicos más propios de zonas húmedas. El marco biocronológico inferido de la asociación faunística registrada abarca parte del Pleistoceno Medio y todo el Pleistoceno Superior, no pudiendo la fauna aportar mayor precisión a la asignación de edad.

Son pocos los yacimientos arqueológicos que han sido datados dentro de este periodo (MIS 4), por lo que el registro paleoambiental derivado de este tipo de yacimientos para este intervalo es menos conocido que para

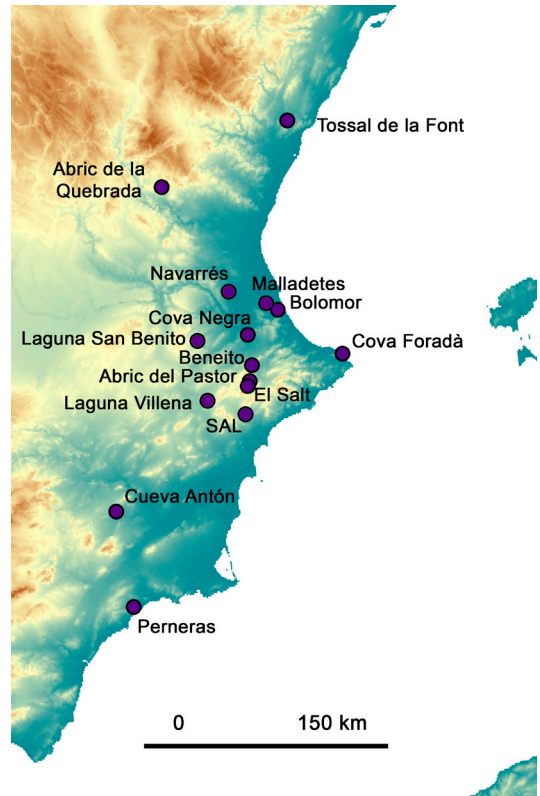


Figura 43. Principales yacimientos y sondeos polínicos pertenecientes al MIS 4–3 en el sureste ibérico.

el MIS 3 o el MIS 5. El nivel IIa del yacimiento del Tossal de la Font (Figura 43, Tabla 10) es coetáneo con la Unidad IVd de Abric del Pastor. Ambos registran la especie *M. (I.) cabrerae* (identificado originalmente como *I. brecciensis* en Olaria et al., 2005 y Gusi et al., 2013; posteriormente Laplana y Sevilla, 2013 lo identifican como *M. (I.) cabrerae*), lo que indica condiciones mediterráneas, aun tratándose de un periodo globalmente frío. Estudios sobre la vegetación circundante, en concreto del registro polínico en Tossal de la Font y antracológico en Abric del Pastor revelan la existencia de especies típicamente mediterráneas y un ambiente de tipo lagunar donde estaría presente el bosque de ribera, aunque en el caso del Abric del Pastor estos

últimos tendrían una baja representación en el entorno y se encontrarían relegados a zonas bajas del valle del Serpis. Asimismo, *Juniperus* sp. (muy probablemente la especie *Juniperus sabina* – sabina; Vidal–Matutano et al., 2018), aparece como taxón principal en el caso del Abric del Pastor, lo que indica condiciones generales mucho más frías y abiertas para este momento en esta región del sureste peninsular. Las muestras polínicas pertenecientes al MIS 4 extraídas del sondeo de Salines (Alicante) muestran el predominio de *Pinus* y *Artemisia*, lo que indica igualmente condiciones frías para este momento (Carrión et al., 2012). También el estudio palinológico realizado en la laguna de Villena (Alicante) para estas cronologías muestra altos porcentajes de *Artemisia* (40–50 %) y valores relativamente altos de *Ephedra*, género distribuido principalmente por climas secos (Carrión et al., 2012). Es remarcable igualmente la presencia de valores altos de polen arbóreo en la región, entre ellos *Pinus* y *Juniperus*, que demuestran la presencia continua de árboles durante el MIS 4 (González–Sampériz et al., 2010).

El nivel IVb de Abric del Pastor (48 ± 5 ka) parece coincidir cronológicamente con los niveles V, IV y III de Abric de la Quebrada (Tabla 10, Figura 43). No obstante, las dataciones por radiocarbono para estos niveles de este último yacimiento podrían estar subestimadas (Carrión et al., 2019).

La evolución climática y ambiental en el registro estratigráfico de El Salt nos permite distinguir dos escenarios claramente diferenciados. Por un lado, el representado en la Unidad más antigua analizada, la Unidad X (subunidad b), datada en $52,3 \pm 4,6$ ka (Galván et al., 2014b), que se habría formado bajo un clima fresco (temperatura media anual = $9,82^\circ\text{C}$) y relativamente húmedo (precipitación anual = 670,90 mm) (Tabla 11). En comparación con la actualidad supone casi 4°C menos de temperatura media anual y algo más de 100 mm de pluviosidad anual. El piso bioclimático representado en el entorno del yacimiento para este momento es el piso

Yacimiento	Referencia	Nivel	Datación
Cova de Dalt del Tossal de la Font	Gussi et al., 2013	Ila	$>61,846 \pm 0,6$ ka
		Ia	$56,014 \pm 0,5$ ka
		VI	$80,0 \pm 4,7$ ka/ $83,2 \pm 5,4$ ka
Abric de la Quebrada	Carrión et al., 2019	V	$>47,100$
		IV	$43,930 \pm 0,750$ ka BP and $>51,600$
		III	$40,500 \pm 0,530$ ka BP and $>50,800$
Bolomor	Ochando et al., 2019	XVII	525 ± 125 ka
		XIV	233 ± 35 ka
		XIII	233 ± 35 ka
Cova Negra	Richard et al., 2018	XII	273 ± 26 ka
		XI	261 ± 42 ka
		V	146 ± 34 ka/ 168 ± 20 ka
		III	206 ± 21 ka/ 193 ± 19 ka
Cueva Antón	Zilhao et al., 2016	AS2–AS5	$72–85$ ka
		AS1	$35,1–35,7$ ka

Tabla 10. Dataciones absolutas disponibles para los principales yacimientos de la región del sureste peninsular durante el Paleolítico medio.

supramediterráneo, actualmente relegado a las zonas más altas y frías de la cadena montañosa más cercana. Actualmente el entorno donde se ubica el yacimiento de El Salt está básicamente ocupado por el piso mesomediterráneo.

Respecto al tipo de hábitat representado en las áreas colindantes del yacimiento en ese momento, los bosques abiertos serían los más abundantes, seguidos de las praderas. Muy probablemente, los taxones característicos de los hábitats acuáticos que aparecen en las asociaciones procederían de los cursos de agua estables del sistema hidrológico ancestral sobre el que actualmente se ubica el río Barxell, mientras que los taxones asociados al hábitat rocoso estarían relacionados con el manto tobáceo de El Salt (Figura 45). Los resultados obtenidos para esta Unidad mediante el estudio de los micromamíferos (Fagoaga et al., 2018) están en consonancia con los resultados obtenidos por otras disciplinas en el yacimiento, como por ejemplo el estudio de la madera quemada, que indica la prevalencia de vegetación perteneciente al piso supramediterráneo y al ombroclima sub-húmedo (Vidal-Matutano, 2016b). También son coherentes con los obtenidos para el MIS 3 en Navarrés (Carrión et al., 2012), Laguna de San Benito (Dupré et al., 1996), Malladetes (Dupré et al., 1998), Cova Beneito (Carrión y Munuera, 1997), sondeo de Les Salines (Carrión et al., 2012) y Pernerás (Carrión et al., 1995), donde se documenta la presencia continua de bosques en la región.

Las dataciones para la Unidad Xb sitúan su depósito entre 47,7 y 56,9 ka (Galván et al., 2014b). Dentro de la región del sureste peninsular, este intervalo coincide cronológicamente a grandes rasgos con el nivel del Tossal de la Font en el litoral de Castellón (Figura 43, Tabla 10), aunque no se dispone de información paleoecológica de este último yacimiento (Gusi et al.,

2013), y por lo tanto las comparaciones no son posibles. Sin embargo, sí es posible establecer comparaciones con los datos paleoambientales procedentes del sondeo de Les Salines en Alicante (Carrión et al., 2012). El elevado porcentaje de bosque resultante de la aplicación del HWM a los micromamíferos identificados en la Unidad Xb de El Salt (55%) (Fagoaga et al., 2018) coincide con el aumento de polen arbóreo y taxones mesotermófilos, así como con el predominio de las coníferas en las muestras del MIS 3 procedentes de dicho sondeo (Carrión et al., 2012). Este paisaje vegetal también es coincidente con el obtenido por los estudios antracológicos y carpológicos del nivel Xb del yacimiento (Vidal-Matutano et al., 2018).

Si comparamos las diferencias de temperatura y precipitación obtenidas para cada nivel de cada yacimiento estudiado en esta Tesis Doctoral respecto a los valores actuales en el municipio de Alcoi (Tabla 11) con las diferencias observadas en otros yacimientos de similar cronología respecto a sus valores actuales, vemos similitudes con yacimientos adscritos a diferentes periodos, estadales, interestadales y eventos Heinrich (Tabla 12).

Las dataciones obtenidas para la Unidad Xb de El Salt situarían su depósito entre 47,7 y 56,9 ka ($52,3 \pm 4,6$ ka) que incluirían, por orden cronológico, los ciclos DO 17 a 14 y el evento H5 (Figura 44). No obstante, el evento H5 ha sido identificado en el yacimiento en una Unidad más reciente nombrada como V superior, y más concretamente en su parte media, donde se ha registrado un evento de caída de bloques pertenecientes a la visera del abrigo (Galván et al., 2014b).

Yacimiento	UE	Facies	L		MAT	MTC	MTW	MAP
Abric del Pastor	IVd	-	-	Media	12,49	0,98	27,87	631,47
				S	2,51	2,64	3,21	235,11
				Δ	-1,21	-0,72	-0,63	+98,17
El Salt	XB	11	3	Media	9,82	-1,31	25,19	670,9
				S	0,85	1,05	1,46	106,25
				Δ	-3,82	-3	-3,3	+127,44
	V	24	7/9	Media	10,02	-1,21	25,52	618,66
				S	0,9	0,96	1,88	143,49
				Δ	-3,62	-2,9	-2,97	75,2
Actual	25	-	8	Media	10,08	-1,32	25,87	629,55
				S	1,03	1,08	1,82	139,05
				Δ	-3,56	-3,01	-2,62	+86,09
	-	-	-	Media	10,17	-1,4	26,09	599,4
				S	1,04	1,07	1,78	136,38
				Δ	-3,47	-3,09	-2,4	+55,94
Actual				Media	13,64	1,69	28,49	543,46
				S	0,83	0,81	0,59	32,99

Tabla 11. Valores de temperatura (°C) y precipitación (mm) estimados (UDA-ODA *discrimination methodology*) según la asociación fósil de microvertebrados estudiada del Abric del Pastor (IVd) y El Salt (XbF11S3, VF24S9/7, VF24S8, VF25). MAT, Temperatura media anual; MTC, Temperatura mínima del mes más frío; MTW, Temperatura máxima del mes más cálido; MAP, Precipitación media anual; S, desviación estándar, Δ, valor de diferencia respecto a la actualidad; L, levantamiento.

Por lo tanto, el depósito de la Unidad Xb parece corresponder con la horquilla temporal representada por los ciclos DO 14 a 17, anterior al evento globalmente frío representado por H5. Si comparamos la diferencia de valores de precipitación y temperatura obtenidos en la Unidad X respecto a los valores actuales, con los de otros yacimientos peninsulares de esta edad y los valores para la actualidad, teniendo en cuenta las diferencias en latitud y longitud, no es posible precisar si estos son más similares a los yacimientos de unos períodos u otros. Para intentar avanzar en este sentido, sería conveniente comparar los resultados obtenidos aplicando la misma metodología en cada uno de los yacimientos peninsulares de esta edad, y en este caso, utilizar la nueva metodología UDA-ODA *discrimination methodology* descrita en esta Tesis, dado que aporta resultados cuyo rango es mucho más preciso que los obtenidos con el MER *method*.

Tabla 12. Yacimientos ibéricos, niveles y su asignación climática, de cronología similar a las Unidades de los yacimientos estudiados. Los valores de temperatura media anual (MAT) y precipitación media anual (MAP), obtenidos a través del MER se muestran solamente para aquellos yacimientos disponibles (López-García et al., 2011a, 2011b, 2012a, 2012b, 2013; 2014a, 2015; Fernández-García y López-García, 2013; Rey-Rodríguez et al., 2016). (Δ) Diferencias de MAT (°C) y MAP (mm) para cada uno de los yacimientos indicados respecto a las condiciones actuales en cada uno de ellos. No se aportan los valores referentes a MTC y MTW ya que en estos trabajos estos parámetros hacen referencia a la media del mes más frío y cálido respectivamente, mientras que los valores calculados en esta Tesis Doctoral hacen referencia al mínimo y al máximo valor de estos meses. (Siguiente página)

YACIMIENTO	NIVEL	DATAIONES ABSOLUTAS	MOMENTO	MAT	Δ MAT	MAP	Δ MAP
Teixoneres	III	60-90 ka BP	IS 22 a IS 17	7	-8,3	840	+181
	IIb	>30 ka BP	H3 a H5	10	-5,3	981	+322
	II	50-30 ka BP	H4 a H3	7,6	-7,7	1008	+349
Abric Romani	O	54,2 ka BP	S 17-15	11,6	-3/-4	871	+70/+170
	N	54,6 ka BP	IS 16	12,2	-2,5/-3,5	615	-130/-30
	J	51-49 ka BP	H5	9,9	-3,4/-4,4	719	-160/-60
	E	49 ka BP	H5 (DO 11 o 12)	9,7	-3,7/-4,7	760	-48/+48
	D	49-44,9 ka BP	IS 12 (DO 11 o 12)	11,6	-3,3/-4,3	606	-160/-60
Xaragalls	C8		IS 15 o 16	10,48	-2,92	729	+100
	C7			8,67	-4,73	900	+271
	C6	>43,5 ka BP		8	-5,4	950	+321
	C5	>48 ka BP	IS 13 o 14	10,36	-3,04	664	+35
	C4	45,1-48,2 ka BP	H5	8	-5,4	925	+296
Arbreda	C3	<45,1 ka BP	H5	7,92	-5,48	1092	+463
	I	45,840-41,410 ka cal BP	periodo frío entre IS 12 y 10	6	-9,1	1500	+692
	H	41,640-38,290 ka cal BP	IS 10	8,4	-6,7	154	+142
	3	41,299-38,390 ka cal BP	IS entre IS6 y IS7	8,18	-2,92	1827	+794
	-	~ 39,6 ka cal BP	H4	10,11	-5,49	757,6	+98,6
Cueva del Conde	N103	39,110 ± 0,520 ka BP		10	-2,8	1000	+27
	N104	39,110 ± 0,520 ka BP		10,1	-2,7	1100	+127
	N20b	38,250 ± 0,390-34,730 ± 0,500 ka BP		11,7	-1,1	1438	+465
	N20a	38,250 ± 0,390-34,730 ± 0,500 ka BP		10,5	-2,3	1500	+527
	N10b	38,250 ± 0,390-34,730 ± 0,500 ka BP		8,4	-4,4	1441	+468
Arbreda	G	38,200-35,630 ka cal BP		8,7	-6,4	966,7	+158,7
	2	36,136-35,032 ka cal BP	IS entre H4 y IS10	7,69	-3,41	1738	+705
	F	33,290-31,800 ka cal BP		10	-5,1	1200	+392
	IV	32,560-23,780 ka BP		11,9	-5,6	824,4	+75,4
	N2a2	31 540 ± 0,400 ka BP		10,5	-2,3	1404	+431
Arbreda	N2a1	31 540 ± 0,400 ka BP		8,7	-4,1	1338	+365
	E	31,100-30,440 ka cal BP		10,9	-4,2	714	-94
	D	27,735-26,970 ka cal BP		8,4	-6,7	950	+142
	C	23,577-22,949 ka cal BP	LGM	9	-6,1	850	+42
	B	22,933-22,467 ka cal BP	LGM	9,6	-5,5	926,7	+118,7
Galls Carboners	A	-	final Bölling-Allerød IS	8,4	-6,7	950	+142
	Terra Rossa	-	Preboreal/Boreal	9,6	-5,5	926,7	+118,7
	-		H3	7,78	-3,72	1187	+437
	3	>13 ka BP	LGM	8,5	-3	1375	+700
	2	<13 ka BP	Preboreal	9,77	-1,73	1226	+551

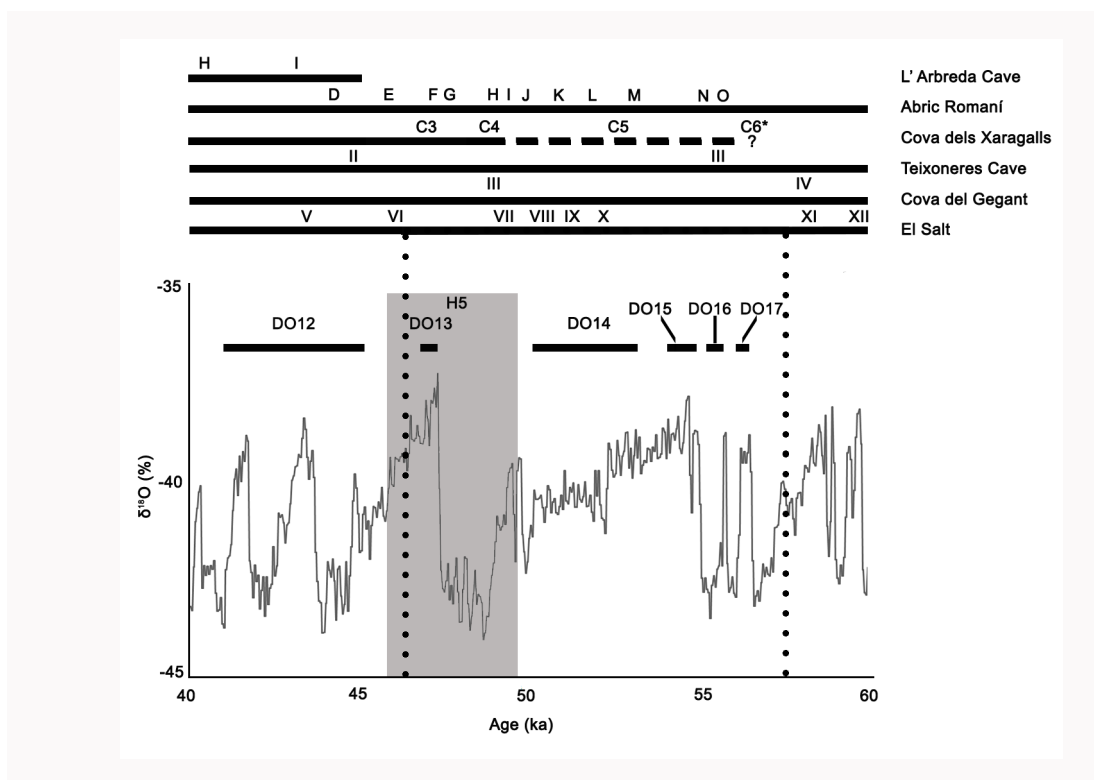


Figura 44. Correlación aproximada entre la Unidad Xb de El Salt con la curva de oxígeno del NGRIP (modificado de Andersen et al., 2004) y los niveles de otros yacimientos de cronología similar.

Para la Unidad V superior, más moderna y datada alrededor de 45 ka, los resultados obtenidos del estudio de su fauna de micro-mamíferos arrojan como resultado que las temperaturas son algo superiores a las de la Unidad X, aunque se mantienen bastante más frías que en la actualidad (Tabla 11). En cuanto a las precipitaciones, las inferidas para la Unidad V superior también son mayores que las registradas hoy en día, pero inferiores a las de la Unidad X. Dentro de la Unidad V y para los levantamientos estudiados es posible observar una tendencia, aunque sutil, hacia temperaturas medias más cálidas, unas mínimas del mes más frío más bajas, temperaturas máximas más cálidas para el mes más cálido y una menor pluviosidad, lo que se traduce en un clima

más árido y continental (Figura 45c). En la Unidad V también es visible un cambio en el piso bioclimático representado, siendo el mesomediterráneo el piso predominante. Respecto al contexto paleoambiental de esta unidad se observa una tendencia hacia el predominio de los espacios abiertos y secos, al reducirse el hábitat de bosque, desaparecer el hábitat acuático e incrementarse la pradera abierta (Figura 45b). Este escenario de empeoramiento climático también se observa a través de otros indicadores en la Unidad V, como por ejemplo la sedimentación eólica de la Unidad V superior y la caída de bloques de la visera del abrigo en la base de la misma unidad (Mallol et al., 2012; Galván et al., 2014b).

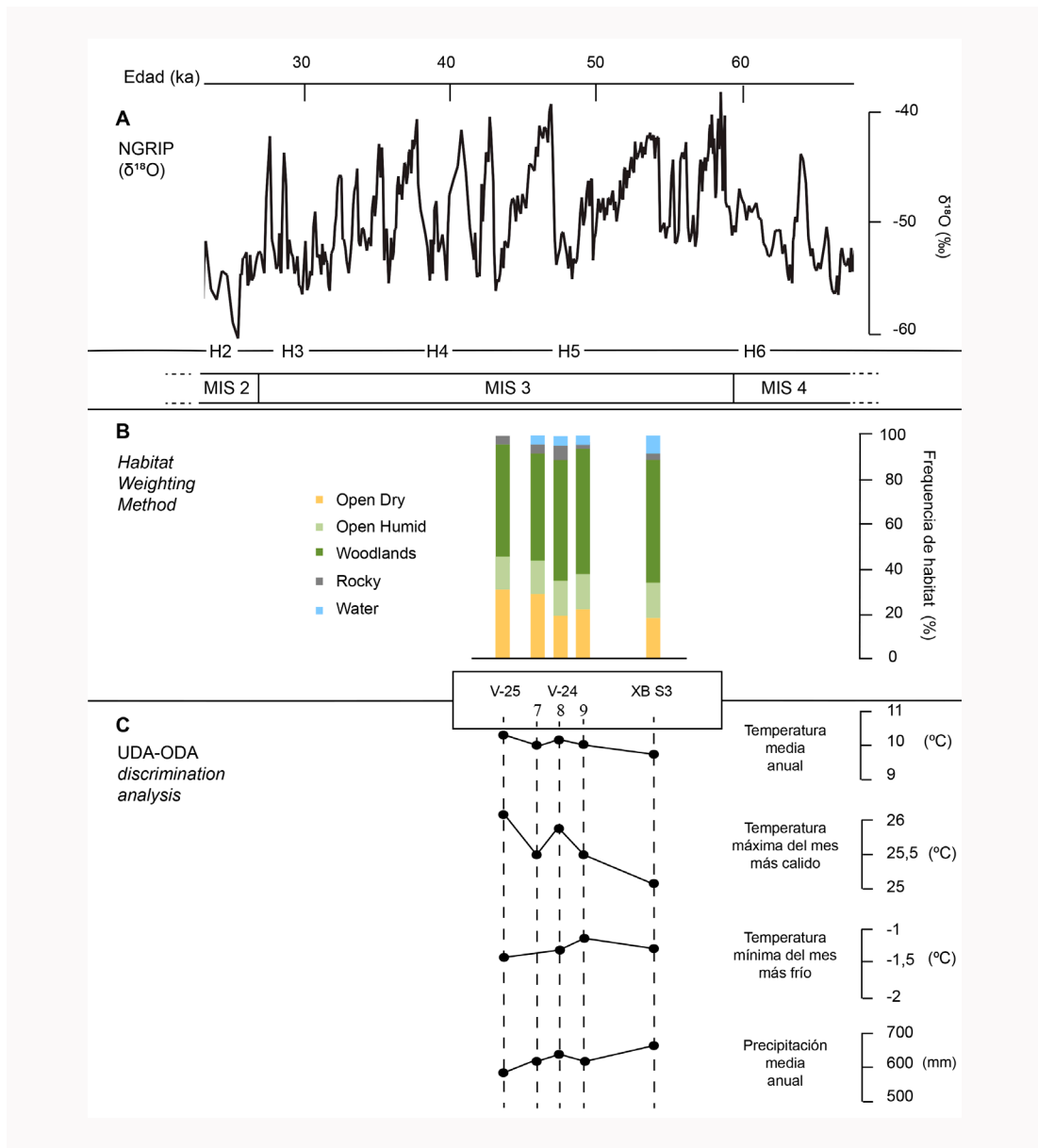


Figura 45. A) Curva de las variaciones de los isótopos estables del oxígeno en el North Greenland *ice core* hace entre 20–70 ka, que reflejan las variaciones globales de T^{a} (valores muy negativos de $\delta^{18}\text{O}$ indican temperaturas globales frías; valores menos negativos de $\delta^{18}\text{O}$ indican temperaturas globales cálidas (Andersen et al., 2004). Valores para la reconstrucción paleoambiental (B) y paleoclimática (C) del entorno de El Salt para cada asociación estudiada (%). OH: Praderas húmedas; OD: Praderas secas; Wa: Agua; R: Roquedo; Wo: Bosque.

Según las cronologías estimadas en el yacimiento de El Salt, las facies 24 y 25 de la Unidad V superior, estarían emplazadas entre los eventos H5 y H4 (Galván et al., 2014b) (Figura 45). El carácter eólico del sedimento de esta Unidad, muy probablemente esté relacionado con un aumento en la intensidad del viento documentada para la región mediterránea y relacionada con la circulación atmosférica de la región del Atlántico norte durante los estadales de los ciclos DO y los H (Moreno et al., 2002). El episodio de caída de bloques, la disgregación del travertino y de la caliza también son consistentes con un contexto climático árido o semiárido. Los valores obtenidos para los n-alkanos también apuntan en esta dirección, esto es, al predominio de pastizales, siendo estos valores similares a los hallados asociados a la Pequeña Edad del Hielo (1650 AD) (Galván et al., 2014b).

En el caso de la región central de la península ibérica, también se ha documentado el depósito de *loess* entre el H5 y H4 (alrededor de $41,3 \pm 4$ ka a $43 \pm 3,8$ ka) (Wolf et al., 2018), lo que indica dinámicas climáticas relacionadas entre diferentes regiones de la península ibérica y no exclusivas de la región de estudio.

Dentro de la región sureste de la península, la Unidad V de El Salt se encuentra próxima temporalmente a las Unidades V, IV y III de Abric de la Quebrada (Figura 43, Tabla 10). Sin embargo, la única especie de micromamífero presente en todos estos niveles de Abric de la Quebrada es el *M. (I.) cabrae*, concretamente en el nivel V (Carrión et al., 2019), lo que imposibilita cualquier tipo de comparación más allá de la coincidencia de este taxón con requerimientos estrictamente mediterráneos en ambos yacimientos. No obstante, diversas evidencias en el Abric de la Quebrada hacen sospechar que el emplazamiento de estos niveles se produjo realmente al final del MIS-5a, y que las dataciones por radiocarbono serían edades

mínimas de los mismos (Carrión et al., 2019), lo que implicaría una edad más antigua que los niveles estudiados en El Salt y más cercanos a los de Abric del Pastor.

Comparando de nuevo la diferencia de valores de precipitación y temperatura para el momento de formación de los yacimientos y los valores actuales de los yacimientos de estudio con otros de similar cronología, no se observa una mayor coincidencia con periodos más o menos fríos, aunque la diferencia de precipitación si es más similar a aquellos niveles asociados a momentos más fríos como el H5 detectado en el nivel E de Abric Romaní o el LGM en el nivel C de Arbreda (Tabla 12) (López-García et al., 2014b, 2015).

El recrudescimiento climático documentado en la secuencia estratigráfica de El Salt a través del estudio de los pequeños mamíferos junto con otros indicadores del yacimiento podría representar las condiciones precedentes al H4, evento registrado en un número elevado de sondeos y caracterizado por un incremento de la aridez y un enfriamiento del clima (González-Sampériz et al., 2010; Wolf et al., 2018).

La escasez de yacimientos dentro de la región de estudio con niveles situados cronológicamente próximos o coincidentes con los estudiados en El Salt, y que además contengan registro de micromamíferos, imposibilita un cruce de resultados exhaustivo que permita una correlación climática. La consideración de otras disciplinas como la palinología o la antracología, posibilita las comparaciones en mayor medida, aunque de manera limitada debido a la escasa equivalencia temporal de los diferentes yacimientos dentro de la región de estudio.

6.2.2 Desaparición de los neandertales y contexto climático y ambiental durante el Paleolítico medio (Pleistoceno Superior) en la península ibérica, con énfasis en el sureste mediterráneo peninsular

La incertidumbre sobre el momento de desaparición de los neandertales (desarrollado en el capítulo de Introducción) y el carácter fragmentario de las secuencias arqueológicas dificulta la comprensión de los mecanismos que llevaron a esta especie a su extinción, así como el contexto climático en el que se sucedieron los hechos.

El análisis climático a partir de los pequeños mamíferos (MER, Modelo Bioclimático, UDA-ODA *discrimination methodology*) de varios yacimientos de la península para el segundo tercio del Pleistoceno Superior, siempre muestra un clima más lluvioso y frío que el actualmente presente en las diferentes áreas donde están ubicados (López-García, 2010; López-García, 2011a, 2011b, 2012a, 2012b, 2013, 2014a, 2014b, 2015; Rey-Rodríguez et al., 2016; Fernández-García et al., 2018) (Tabla 12). Para el área mediterránea, durante los eventos fríos H5, H4 y H3, las precipitaciones anuales y las temperaturas mínimas del mes más frío serían 400 mm y entre 6 y 13 °C inferiores a las actuales, respectivamente (Sánchez-Goñi y d'Errico 2005). El cambio de una fase fría a una cálida supondría cambios de hasta 10 °C de temperatura en la atmósfera de Groenlandia (Johnsen et al., 1992; d'Errico y Sánchez-Goñi, 2003).

Por otro lado, las reconstrucciones ambientales derivadas de los estudios de los micromamíferos siempre muestran una importante representación de los bosques abiertos en el entorno de los yacimientos, consistentes con la abundancia de *Apodemus sylvaticus*, *Eliomys quercinus* y *Myotis myotis* principalmente (López-García

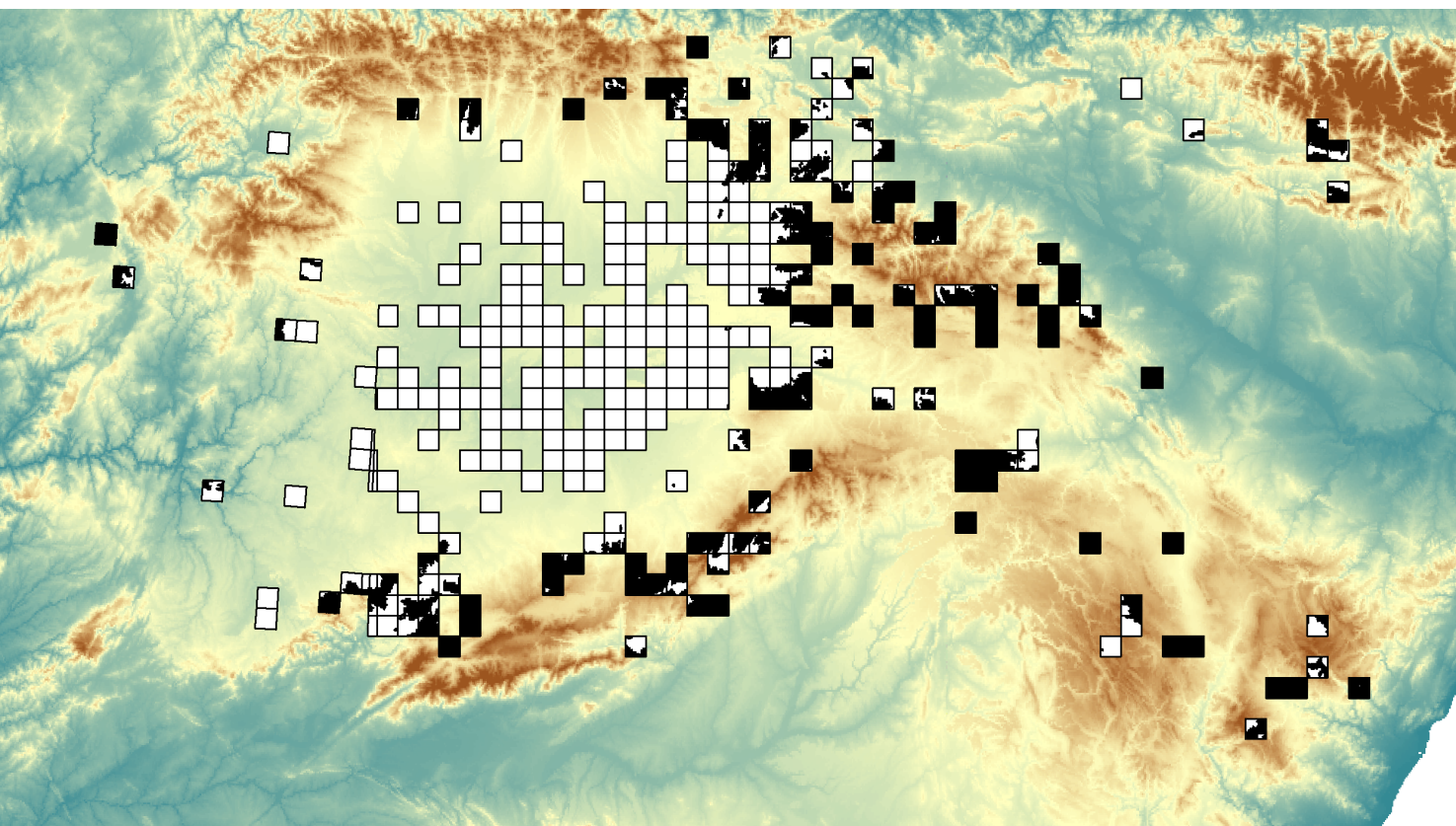
et al., 2011, 2014; Fernández-García et al., 2016; Rey-Rodríguez et al., 2016) (Tabla 13). Esta situación es coherente también con los estudios palinológicos, que sugieren que el sur de Europa nunca experimentó una total pérdida de bosques, incluso en los estadales o en los eventos H (Fletcher et al., 2010; Harrison and Sanchez Goñi, 2010). La imagen general para la península ibérica derivada de diferentes *proxies* para el Pleistoceno Superior indica una diversidad de paisajes que incluye bosques, bosques abiertos, sabanas, praderas o estepas que fluctuarían en respuesta a los cambios entre los estadales y los interestadales, produciéndose principalmente fases alternantes de desarrollo de áreas semiáridas y bosques, respectivamente (Davis et al. 2003; Sánchez-Goñi y d'Errico 2005; Fletcher y Sánchez-Goñi, 2008; González-Sampériz et al., 2010).

El final de las poblaciones neandertales coincide con un notable enfriamiento y una aridificación de las condiciones climáticas en el contexto del H4, registrado en numerosos sondeos circundantes a la península ibérica. Sin embargo, las evidencias del despoblamiento regional preceden al inicio de este evento climáticamente frío (Kehl et al., 2013; Wood et al., 2013; Galván et al., 2014b; Higham et al., 2014). Los estudios a escala regional aparecen como requisito para analizar otros posibles factores concomitantes que, combinados con análisis estratigráficos interdisciplinarios de alta resolución, ayuden a la comprensión de las dinámicas climáticas y demográficas implicadas en este proceso.

YACIMIENTO	NIVEL	OD	OH	Wo	Ro	Wa
Cova Eirós	Level 3	3,33	26	46	13,33	11,33
	Level 2	5,77	31,92	47,31	13,46	1,54
Gorham	Level IV	3	10	86	0	1
Cueva del Toll	Level 3	9	23	51	17	0
	Level 2	1	26	51	22	0
Cueva del Conde	N103	5	42	38	4	11
	N104	9	32	40	4	14
	N20b	13	29	50	8	0
	N20a	2	47	43	1	7
	N10b	2	31	40	12	15
Galls Carboners	-	10	4	50	35	1
Canyars	MLU	33	13	44	6	4

Tabla 13. Valores para praderas secas (OD), praderas húmedas (OH), bosque (Wo), roquedo (Ro) y agua (Wa) para los yacimientos del MIS 3 de la península ibérica con valores absolutos fruto de la aplicación del *Habitat Weighting Method* (López-García et al., 2011a, 2011b, 2014a; Fernández-García y López-García, 2013; Rey-Rodríguez et al., 2016). Las preferencias de hábitat elegidas para cada especie en cada trabajo únicamente se diferencian en tres taxones (*Vipera* sp., *Bufo calamita* y *Sorex minutus*), en las que el NMI es bajo y cuya diferencia no supone un problema a la hora de comparar los resultados del HWM entre esos yacimientos (Galls Carboners, Canyars y Cova Eirós). En el caso del hábitat dominante en la mayoría de yacimientos y niveles, el hábitat de Bosque, solamente existen diferencias en la puntuación para la preferencia de hábitat en el caso de *Vipera* sp. cuyo NMI para los diferentes yacimientos que incluyen este taxón es de 1.

7. Conclusiones y perspectivas de futuro



7.1 Conclusiones

La presente Tesis Doctoral ha tenido como objetivos principales la identificación de los micromamíferos presentes en los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor (Alcoi, Alicante), y a partir de éstos, la reconstrucción ambiental y climática del medio durante las ocupaciones neandertales a lo largo de la secuencia de dichos yacimientos, concretamente de las Unidades Xb y V superior (El Salt) y Unidad IVd (Abric del Pastor). Esta Tesis surge de la necesidad de conocer las especies de micromamíferos, así como el contexto ambiental y climático de los valles de Alcoi y de la región del sureste peninsular durante el MIS 4 y MIS 3. Para llevar a cabo este cometido se han estudiado más de tres mil restos de micromamíferos fósiles, habiéndose centrado su estudio en la taxonomía e inferencias climáticas y ambientales que pueden derivarse de las asociaciones encontradas. Una parte muy importante de este trabajo de Tesis ha sido la sistematización y modificación (con vistas a incorporar mayor precisión a los resultados) del método de reconstrucción climático conocido como MER *method*. A partir de estos estudios se puede concluir los siguientes aspectos:

1–Durante la segunda mitad del Pleistoceno Superior, los valles de Alcoi estaban ocupados por una diversidad de especies de micromamíferos en general bastante elevada. Para el momento de formación de la Unidad IVd de Abric del Pastor (MIS 4), hasta el momento han podido ser identificadas las especies *C. gr. russula-gueldenstaedtii*, *Microtus (I.) cabreræ*, *Apodemus sylvaticus* y *Eliomys quercinus*. En general, en el yacimiento de El Salt la diversidad es bastante más elevada. Las especies *C. gr. russula-gueldenstaedtii*, *Oryctolagus cuniculus*, *Microtus arvalis*, *Microtus (I.) cabreræ*, *M. (T.) duodecimcostatus*, *Apodemys sylvaticus* y *Eliomys quercinus* son comunes a todos los levantamientos estudiados en este último yacimiento. Sin embargo, *Arvicola sapidus*

está presente en todos ellos a excepción de la asociación más moderna estudiada (Unidad V superior Facies 25). Por otro lado, *Talpa occidentalis* y *Sciurus vulgaris* solo han sido registradas en los levantamientos 7 y 9 de la Unidad V superior Facies 24. Restos pertenecientes al género *Sorex* han sido identificados en el levantamiento 7, aunque el resto de levantamientos de dicha Unidad presentan restos de un sorícido indeterminado. Las especies *Erinaceus europæus* y *Microtus agrestis* únicamente aparecen registradas en la Unidad más antigua estudiada del yacimiento (Unidad Xb).

2–La metodología desarrollada en esta Tesis, UDA–ODA *discrimination methodology* permite incrementar la precisión en la identificación de las áreas verdaderamente ocupadas por una especie dentro de las cuadrículas de 10 x 10 km en las que está codificada su presencia en los Atlas. La definición de las ODAs permite incorporar aquellas especies cuya distribución ha sufrido modificaciones recientes debido a la acción antrópica, y que por tanto hasta ahora quedaban excluidas en el MER *method*, como es el caso de *M. arvalis*. De esta manera, las reconstrucciones climáticas derivadas de estas distribuciones corregidas permiten aproximaciones más precisas al contexto climático imperante en esa zona en el pasado. Así, a mayor heterogeneidad topográfica y estenoicidad de la especie en concreto, existirán mayores diferencias entre las reconstrucciones derivadas del MER y del UDA–ODA *discrimination methodology*.

3–Los resultados de la aplicación de UDA–ODA *discrimination methodology* y el Habitat Weighting Method a la Unidad IVd de Abric del Pastor, en combinación con otras disciplinas estudiadas en dicha Unidad, sugieren unas condiciones más frías y áridas hace unos 63 ka para el entorno del yacimiento en comparación con la actualidad (–1,21°C; +98,17 mm). La reconstrucción paleoambiental realizada apunta

a un mosaico de hábitats: las áreas más elevadas y escarpadas estarían ocupadas por bosques muy abiertos, principalmente por especies del género *Juniperus* y *Pinus nigra-sylvestris*, mientras que en las áreas más bajas del barranco y del valle del Serpis se dispondría una mayor cobertura vegetal asociada a taxones de ribera y de bosque mixto mediterráneo, de donde procedería muy probablemente una buena parte de los micromamíferos encontrados en las asociaciones estudiadas.

4-La aplicación de las metodologías UDA-ODA *discrimination methodology* y *Habitat Weighting Method* a la asociación estudiada de la Unidad Xb de El Salt, con una cronología en torno a los 52 ka, permite concluir la prevalencia de condiciones ligadas al piso supramediterráneo, consistentes en temperaturas mucho más bajas (-3,82 °C) y una mayor precipitación anual (+127,44 mm) que las actuales en el área de trabajo. Los bosques abiertos constituirían los hábitats dominantes en el entorno, seguidos de las praderas. Para la Unidad V superior de El Salt, datada alrededor de 45 ka, las condiciones climáticas se asemejan más a las presentes hoy en día en cuanto a las precipitaciones, aunque siguen siendo bastante más frías que en la actualidad (-3,55 °C; -72,41 mm). A lo largo de la secuencia temporal registrada se observa una tendencia hacia el empeoramiento climático, consistente en precipitaciones más bajas, temperaturas mínimas más frías, temperaturas medias más altas y temperaturas máximas más altas. En cuanto al hábitat registrado para el entorno del yacimiento en la fase de depósito de la Unidad V (de ya clara desocupación neandertal) se registra una evolución a condiciones más abiertas y áridas al verse reducido el hábitat de bosque (aunque sigue dominando), un aumento de las praderas secas y la disminución hasta su desaparición del hábitat acuático.

5-De la comparación con otras secuencias de yacimientos en el área mediterránea se deduce que la Unidad Xb de El Salt se habría formado entre los ciclos DO 14 a 17, mientras que los levantamientos de la Unidad V superior se relacionan con el empeoramiento climático previo al evento H4. En el caso del Abric del Pastor, el pequeño número de especies identificadas hace que por el momento no se pueda profundizar en la asignación temporal más allá del MIS 4.

6-Dada la naturaleza diacrónica y regional del proceso de desaparición de los neandertales, los resultados obtenidos del estudio y posteriores inferencias sobre la fauna de micromamíferos fósiles de estos yacimientos, los hacen de capital importancia para conocer el contexto climático del MIS 4-MIS 3 y ayudar a comprender este evento bioantropológico en la región sureste de la península ibérica.

7.2 Perspectivas de futuro

La aplicación de UDA-ODA *discrimination methodology* a las asociaciones fósiles de micromamíferos permite obtener reconstrucciones climáticas más precisas de los climas del pasado. Al margen de las reconstrucciones a gran escala, como las derivadas de los sondeos marinos, el desarrollo y la mejora de técnicas precisas de reconstrucción ambiental y climática en los yacimientos de estudio, como por ejemplo los isótopos de oxígeno en incisivos de roedor o UDA-ODA *discrimination methodology*, permitirán la comparación de resultados de alta resolución a escala espacial reducida, de manera específica en los yacimientos analizados. En regiones montañosas como la península ibérica, las condiciones climáticas pueden cambiar fuertemente en unos pocos kilómetros, resultando en una gran variedad de climas (Font-Tullot, 2000). Este hecho junto con el carácter regional de despoblamiento neandertal hacen necesario el desarrollo

de metodologías de alta resolución que permitan la obtención de aproximaciones climáticas locales, como la metodología aquí desarrollada, que puedan ser posteriormente cruzadas con otras de escala más global.

La aplicación de UDA-ODA *discrimination methodology* ha permitido la obtención de resultados climáticos más precisos para las reconstrucciones del pasado en los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor. La aplicación del método aquí expuesto a otros yacimientos de la península ibérica supondría una herramienta precisa para el conocimiento y la comprensión de las condiciones climáticas por un lado del MIS 4, con algunas incógnitas climáticas por resolver, y del MIS 3, estadio donde se produce la desaparición de los grupos neandertales, aún por causas desconocidas. No obstante, esta metodología ha sido aplicada únicamente a parte de las especies que aparecen en el registro pleistocénico por lo que muchas otras deberán ser incluidas también.

Asimismo, son muchos los niveles de El Salt y sobretodo del Abric del Pastor de los que no se tiene ningún dato sobre los microvertebrados que habitaron en el entorno del yacimiento en el momento de formación de estos niveles. El análisis pormenorizado de los restos recuperados a lo largo de ambas secuencias y la aplicación posterior de los métodos de reconstrucción climática y ambiental junto con la integración con otras disciplinas como la antracología o la palinología entre otros, posibilitará el conocimiento del contexto circundante al yacimiento para un rango temporal amplio. Se contribuirá en última instancia a reducir el vacío de información para buena parte del MIS 4 y el MIS 3 para esta región del sureste peninsular.

Una fuente de incertidumbre para las interpretaciones paleoambientales y paleoclimáticas tanto de los yacimientos analizados en esta Tesis como de cualquier

otro yacimiento sujeto a ser estudiado con las mismas metodologías es su caracterización cronológica. En muchos casos, esta se apoya casi exclusivamente en las dataciones numéricas obtenidas por alguno de los métodos disponibles en la actualidad (radio-carbono, termoluminiscencia, resonancia electrónica de espín, desintegración de elementos radiogénicos,...) lo que determina que si por algún motivo las estimaciones obtenidas por estos medios son erróneas, la asignación cronológica de los yacimientos también lo sea. Los micromamíferos son bien conocidos como herramienta de datación relativa, y su estudio desde este punto de vista puede ayudar a confirmar o desmentir las dataciones propuestas por otros métodos. En esta Tesis se han utilizado las presencias de determinadas especies como una herramienta de aproximación a la edad de los yacimientos, pero con muestras más amplias, se pueden utilizar no solo las presencias de determinadas especies, sino también sus estadios evolutivos para caracterizar la cronología de los yacimientos con mayor precisión. Trabajos previos han puesto a punto algunas tendencias evolutivas observadas en grupos como los arvicolininos para ser utilizadas con esta finalidad (van der Meulen, 1973; Rabeder, 1981; Maul et al., 1998). Si en el futuro se pueden ampliar las muestras disponibles de micromamíferos de los yacimientos estudiados, o se puede contar con muestras amplias de otros yacimientos, se podrán aplicar las tendencias apreciables en la evolución de distintos grupos de micromamíferos presentes en ellos para la obtención de un marco cronológico relativo que sirva de apoyo a la datación de dichos yacimientos.

8. Referencias

interference based on tetrastrial mammal faunas. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 14: 39–52.

Hernández-Fernández, M., Blázquez-Campomanes, P., 2005. *Cuantitativa paleoclimática*.
 Conservación de la Naturaleza. SECEM, Madrid. pp. 43–436.

Blanco, J.C. (Eds.). *Atlas de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General de
 Gobiernos, J. Indurá-Luena, J.L., 2007. *Microtus agrestis*. In: Palomo, J.L., Gisbert, J.,
 revuelto. 2010.03.009.

Península. *Rev. Paleobot. Botinol.* 162: 427–452. <https://doi.org/10.1016/j.palbo.2010.03.009>.

vannaria, forests and phytodiversity reservoirs during the Pleistocene in the Iberian
 Garzás, M.J., Usón, P., Valero-Garcés, B.L., Figueras, I., 2010. Steppes as
 González-Sampériz, P., Leroy, S.A., Carrión, J.S., Fernández, S., García-Antón, M., Gil-
 Prats, Cambridge.

Gauch, H.G., 1989. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University
<https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.02.019>.

populations from the southeast of the Iberian Peninsula. *J. Hum. Evol.* 75: 1–15.

García, M.D., Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Gómez, J.A., Manríquez, B., 2014.
 75: 16–27.

evidence of early Neanderthal disappearance in the Iberian peninsula. *J. Hum. Evol.*
 Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Mercier, N., Sistiaga, A., Soler, V., 2014b. New
 Gibraltar. *Universitat de Burgos and Fundación Atapuerca, Burgos*. pp. 382–388.

casadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el Estecho de
 Neanderthals de la montaña alicantina (Alcoi, España). In: Sala Ramos, R. (Ed.), *Los*
 A Gómez, J.A., Rodríguez, A., Abrón, I., Vidal, P., 2014a. El Sal. Últimos
 Luis, J., Alonso, R., Garribas, M.D., Mercier, N., Morales, J.V., Sanchez, A., Tarrío,
 Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Machado, J., Sistiaga, A., Molina, F.J., Pérez-
 Nacional de Educación a Distancia (UNED) en Cantabria. *Santander*. pp. 127–141.
 Cueva de El Castillo: El Ocaso de los Neanderthals. Centro Asociado a la Universidad
 Bermádo de Quirós Guindot, F., Mallol, F., 2014. *En el Centenario de la*
 Galván, B., Hernández, C.M., Francisco, M.I., Rodríguez, A., 2006. Datos para la
 Barcelona, Spain.

Négeno Superior del Levante Ibérico. Ph. D. Thesis. *Universidad Autónoma de*
 Furió, M., 2007. *Los insectívoros (Soricomorpha, Eritacomorpha, Mammalia) del*
 Rasgos geomorfológicos y climatostestrías de sus registros. *Saguntum-PI-VA*. 27

Figuerido, S., Fernández, C., Bridland, D.R., Yung, P., Stevans, J.C., Morales, R., 2019.
 P. P., Martín, A.A., Bujaleit, J.-P., Murray, A.S., Gonçalves, M.P., Font, E., Pérez-
 947–952. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.09.025>.

transition to the Bronze Age in el Mirón Cave (Cantabria, Spain). *J. Archaeol. Sci.*
 a-Berós, G., Straus, I.G., González Morales, M.R., García Pimentel, J.C., 2009.
 Special Publications, London. pp. 277–286. *Geological Society of London*.

(Eds.), *Early-Middle Pleistocene Transitions: The Land and Ocean Evidence*. vol. 247.
 P.L. *Presence from Trincheira Dolina cave, Atapuerca, Spain*. In: Head, M.J., Gibbard, P.L.,
 a-Berós, G., Rolés, J., García-Pimentel, J.C., 2005. *Early Europeans and environ-*
 207–212.
 019. *An early Aungmyathazan arrival in southwestern Europe. Nature Ecology &*
 A., Partilla Giraldez, R., Maestro González, A., Okkonen, N., Morales-Muñiz, A.,
 Sánchez, M., Jiménez-Espejo, F.J., Simón-Vallado, M.D., Stringer, C., Lorenzo
 61–64.
 de, J., 1988. *Paleoconodontes, paleotermómetros y paleoindicadores del entorno*
 377–383.
 (Eds.), *The Last Neanderthals, the First Anatomically Modern Humans: A Tale*
 about the Human Diversity, Cultural Change and Human Evolution. *The Crisis at 40*
 this, F., López-García, J.M., Allué, E., Blain, H.A., Rivals, F., Benabzar, M., Expósito,
 2012. *Paleoecology of Neanderthals during Danisgar-Oeschger cycles in*
 247.
 2012. *Paleoecology of Neanderthals during Danisgar-Oeschger cycles in*
 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.01.032>.

the reconstruction of past environments through small mammals: from the
 a-Berós, G., Straus, I.G., González Morales, M.R., García Pimentel, J.C., 2009.
 Special Publications, London. pp. 277–286. *Geological Society of London*.

(Eds.), *Early-Middle Pleistocene Transitions: The Land and Ocean Evidence*. vol. 247.
 P.L. *Presence from Trincheira Dolina cave, Atapuerca, Spain*. In: Head, M.J., Gibbard, P.L.,
 a-Berós, G., Rolés, J., García-Pimentel, J.C., 2005. *Early Europeans and environ-*
 207–212.
 019. *An early Aungmyathazan arrival in southwestern Europe. Nature Ecology &*
 A., Partilla Giraldez, R., Maestro González, A., Okkonen, N., Morales-Muñiz, A.,
 Sánchez, M., Jiménez-Espejo, F.J., Simón-Vallado, M.D., Stringer, C., Lorenzo
 61–64.
 de, J., 1988. *Paleoconodontes, paleotermómetros y paleoindicadores del entorno*
 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.01.032>.

the reconstruction of past environments through small mammals: from the
 a-Berós, G., Straus, I.G., González Morales, M.R., García Pimentel, J.C., 2009.
 Special Publications, London. pp. 277–286. *Geological Society of London*.

(Eds.), *Early-Middle Pleistocene Transitions: The Land and Ocean Evidence*. vol. 247.
 P.L. *Presence from Trincheira Dolina cave, Atapuerca, Spain*. In: Head, M.J., Gibbard, P.L.,
 a-Berós, G., Rolés, J., García-Pimentel, J.C., 2005. *Early Europeans and environ-*
 207–212.
 019. *An early Aungmyathazan arrival in southwestern Europe. Nature Ecology &*

- Afonso, R., 2013. Análisis geológico de secuencias arqueosedimentarias. Reactivación kárstica y erosión en el yacimiento de El Salt (Alcoy, Alicante). Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna. Master Thesis.
- Alix, C., 2008. L'usage du bois en Alaska. Ethnoarchéologie et dendrochronologie. *Les Nouvelles de l'Archéologie* 111/112, 45-50.
- Allen, J.R.M., Brandt, U., Brauer, A., Hubberten, H., Huntley, B., Keller, J., Kraml, M., Mackensen, A., Mingram, J., Negendank, J.F.W., Nowaczyk, N.R., Oberhänsli, H., Watts, W.A., Wulf, S., Zolitschka, B., 1999. Evidence of rapid last glacial environmental fluctuations from southern Europe. *Nature* 400, 740-743.
- Almela, A., Quintero, I., Gómez, E., Mansillo, H., Cabañas, I., Uralde, Ma.A., Martínez, W., 1975. Mapa Geológico Nacional: 1:50.000 (2a Serie), IGME.
- Álvarez-Lao, D.J., Kahlke, R.-D., García, N., Mol, D., 2009. The Padul mammoth finds on the southernmost record of *Mammuthus primigenius* in Europe and its southern spread during the Late Pleistocene. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 278, 57-70.
- Álvarez-Lao, D. J., García, N., 2011. Southern dispersal and Palaeoecological implications of woolly rhinoceros (*Coelodonta antiquitatis*): review of the Iberian occurrences. *Quat. Sci. Rev.* 30, 2002-2017.
- Andersen, K.K., Azuma, N., Barnola, J.M., Bigler, M., Biscaye, P., Caillon, N., Chappellaz, J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Fischer, H., Flückiger, J., Fritzsche, D., Fujii, Y., Goto-Azuma, K., Grønbold, K., Gundestrup, N.S., Hansson, M., Huber, C., Hvidberg, C.S., Johnsen, S.J., Jonsell, U., Jouzel, J., Kipfstuhl, S., Landais, A., Leuenberger, M., Lorrain, R., Masson-Delmotte, V., Miller, H., Motoyama, H., Narita, H., Popp, T., Rasmussen, S.O., Raynaud, D., Rothlisberger, R., Ruth, U., Samyn, D., Schwander, J., Shoji, H., Siggard-Andersen, M.L., Steffensen, J.P., Stocker, T., Sveinbjørnsdóttir, A.E., Svensson, A., Takata, M., Tison, J.L., Thorsteinsson, T., Watanabe, O., Wilhelm, F., White, J.W.C., 2004. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* 431, 147-151.
- Anderson, L., Reynolds, N., Teysandier, N., 2019. No reliable evidence for a very early Aurignacian in Southern Iberia. *Nat. Ecol. Evol.* 3 (5), 713.
- Andrews, P., 1990. *Owls, Caves and Fossils*. London, Natural History Museum Publications.
- Andrews, P., 2006. Taphonomic effects of faunal impoverishment and faunal mixing. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 241, 572-589.
- Anthos, 2019. Sistema de información de las plantas de España. Real Jardín Botánico, CSIC- Fundación Biodiversidad.
- Arribas, O. 2004., *Fauna y paisaje de los Pirineos en la Era Glaciar*. Barcelona, Lynx.
- Arrizabalaga Blanch, A., Torre Coromines, I., Catzefflis, F., Renaud, F., Santalla Quilles, F., 1999. Primera citació d'*Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834) al Montseny. Determinació morfològica i genètica. III i IV Trobada d'Estudiosos del Montseny. *Monografies* 27, 193-195.
- Ayarzagüena, J., López Martínez, N., 1976. Estudio filogenético y comparativo de *Microtus cabreræ* y *Microtus breccianus*. Doñana. *Acta Vertebrata* 3, 181-204.
- Baca, M., Nadachowski, A., Lipecki, G., Mackiewicz, P., Marciszak, A., Popovic, D., Socha, P., Stefaniak, K., Wojtal, P., 2016. Impact of climatic changes in the Late Pleistocene on migrations and extinctions of mammals in Europe: four case studies. *Geol Q.* 61(2), 291-304.
- Badal, E., Heinz, C., 1991. Méthodes utilisées en Anthracologie pour l'étude de sites préhistoriques. *BAR International Series* 573, 17-47.
- Bañuls-Cardona, S., López-García, J.M., 2016. Climatic and environmental conditions from the Neolithic to the Bronze Age (7000-3000 BP) in the Iberian Peninsula assessed using small-mammal assemblages. *C. R. Palevol* 15 (8), 958-967.
- Bárcena, M.A., Cacho, I., Abrantes, F., Sierro, F.J., Grimalt, J.O., Flores, J.A., 2001. Paleoproductivity variations related to climatic conditions in the Alboran Sea (western Mediterranean) during the last glacial-interglacial transition: the diatom record.

- Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 167 (3–4), 337–357.
- Barciela, V., Molina, F.J., 2005. L'Alt de la Capella (Benifallim, Alicante). Nuevos datos sobre el poblamiento musteriense al aire libre en la cuenca del río Serpis. *Recer. del Mus. d'Alcoi* 14, 7–26.
- Barnosky, A.D., 1998. What causes “disharmonious” mammal assemblages?. In: Saunders, J.J., Styles, B.W., Baryshnikov, G.F. (Eds.), *Quaternary Paleozoology in the Northern Hemisphere*. Illinois State Museum Scientific Papers 27, 173–186.
- Bar-Yosef, O., 2002. The upper paleolithic revolution. *Annu. Rev. Anthropol.* 31(1), 363–393.
- Bar-Yosef, O., 2006. Between Observations and Models. In: *Transitions before the transition* (pp. 305–325). Springer, Boston, MA.
- Begon, M., Harper, J.L., 1990. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Townsend.
- Bencatel, J., Alvares, F., Moura, A.E., Barbosa, A.M., 2017. *Atlas de Mamíferos de Portugal*, first ed. Universidade de Evora, Evora.
- Berto, C., 2013. Distribuzione ed evoluzione delle associazioni a piccoli mammiferi nella penisola italiana durante il Pleistocene superiore. Università degli Studi di Ferrara. Ph. D. Thesis.
- Berto, C., Berte, D., Luzi, E., López-García, J.M., Pereswiet-Soltan, A., Arzarello, M., 2016. Small and large mammals from the Ciota Ciara cave (Borgosesia, Vercelli, Italy): an isotope stage 5 assemblage. *C. R. Palevol* 15 (6), 669–680.
- Blain, H.-A., Bailón, S., Cuenca-Bescós, G., 2008. The Early-Middle Pleistocene palaeoenvironmental change base on the squamate reptile and amphibian proxy at the Gran Dolina site, Atapuerca Spain. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 261, 177–192.
- Blain, H.-A., Bailon, S., Cuenca-Bescós, G., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2009. Long-term climate record inferred from Early-Middle Pleistocene amphibian and squamate reptile assemblages at the Gran Dolina cave, Atapuerca, Spain. *J. Hum. Evol.* 56, 55–65.
- Blain, H.A., Bailon, S., Cuenca-Bescós, G., Bennàsar, M., Rofes, J., López-García, J.M., Huguet, R., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2010. Climate and environment of the earliest West European hominins inferred from amphibian and squamate reptile assemblages: Sima del Elefante Lower Red Unit, Atapuerca, Spain. *Quat. Sci. Rev.* 29, 3034–3044.
- Blain, H.-A., Lozano-Fernández, I., Agustí, J., Bailon, S., Menéndez, L.G., Espígares, P.O., M., Ros-Montoya, S., Jiménez, J.M.A., Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Sala, R., 2016. Redefining upon the climatic background of the early Pleistocene hominid settlement in western Europe: Barranco León and Fuente Nueva-3 (Guadix-Baza basin, SE Spain). *Quat. Sci. Rev.* 144, 132–144.
- Blondel, J., 1967. Réflexions sur les rapports entre prédateurs et proies chez les Rapaces. Les effets de la prédation sur les populations de proies. La Terre et la vie. Attaché de Recherche au C.N.R.S.
- Bond, G., Broecker, W., Johnsen, S., McManus, J., Labeyrie, L., Jouzel, J., Bonani, G., 1993. Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature*, 365, 143.
- Brunet-Lecomte, P., Brochet, G., Chaline, J., Delibes, M., 1987. Morphologie dentaire comparée de *Pitymys lusitanicus* et *Pitymys duodecimcostatus* (Arvicolidae, Rodentia) dans le nord-ouest de l'Espagne. *Mammalia* 51, 145–158.
- Burjachs, F., Julià, R., 1994. Abrupt Climatic Changes during the Last Glaciation Based on Pollen Analysis of the Abric Romani, Catalonia, Spain. *Quat. Res.* 42, 308–315.
- Burjachs, F., Julià, R., 1996. Palaeoenvironmental evolution during the middle-upper palaeolithic transition in the NE of the Iberian Peninsula. In: Carbonell, E., Vaquero, M. (Eds.), *The Last Neandertals, the First Anatomically Modern Humans*. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, pp. 377–383.
- Cacho, I., Grimalt, J.O., Pelejero, C., Canals, M., Sierro, F.J., Flores, J.A., Shackleton, N., 1999. Dansgaard-oeschger and heinrich event imprints in alboran sea paleotemperatures. *Paleoceanogr. Paleoclimatol.* 14, 698–705.

- Callou, C. 1997. Diagnose différentielle des principaux éléments squeletiques du lapin (genre *Oryctolagus*) et du lièvre (genre *Lepus*) en Europe Occidentale, in: Desse, J., Desse-Berset, N., (Eds.), Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie. Série B: mammifères. Centre de Recherches Archéologiques du CNRS, APDCA, Paris, pp. 1–21.
- Cantó, P., Jordá, C., Vilanova, P., Acosta, J., 2006. Fauna del Carrascal de la Font Roja. Font Roja NATURA.
- Carbonell, E., Rodríguez, X.P., 2005. Homínidos: las primeras ocupaciones de los continentes. Grupo Planeta (GBS).
- Carrión, J.S., Dupré, M., Fumanal, M.P., Montes, R., 1995. A palaeoenvironmental study in semi-arid southeastern Spain: the palynological and sedimentological sequence at Perneras Cave (Lorca, Murcia). *J. Archaeol. Sci.* 22(3), 355–367.
- Carrión, J.S., Munuera, M., 1997. Upper Pleistocene palaeoenvironmental change in Eastern Spain: new pollen-analytical data from Cova Beneito (Alicante). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 128 (1–4), 287–299.
- Carrión, Y., 2005. La vegetación mediterránea y atlántica de la Península Ibérica: nuevas secuencias antracológicas. Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación Provincial de Valencia. Trabajos Varios 104.
- Carrión García, J.S., 2012. Paleoflora y paleovegetación de la península Ibérica e Islas Baleares: Plioceno–Cuaternario.
- Carrión, Y., Guillem–Calatayud, P., Eixea, A., Martínez–Varea, C.M., Tormo, C., Badal, E., Zilhão, J., Villaverde, V. 2019. Climate, environment and human behaviour in the Middle Palaeolithic of Abrigo de la Quebrada (Valencia, Spain): The evidence from charred plant and micromammal remains. *Quat. Sci. Rev.* 217, 152–168.
- Castellanos–Frías, E., García, N., Virgós, E., 2018. Assessment of the effect of climate changes in the Late Pleistocene and Holocene on niche conservatism of an arvicolid specialist. *Sci. Rep.* 8, e9780.
- Cayre, O., Lancelot, Y., Vincent, E., Hall, M.A., 1999. Paleoceanographic reconstructions from planktonic foraminifera off the Iberian Margin: temperature, salinity, and Heinrich events. *Paleoceanography*, 14 (3), 384–396.
- Chaline, J., 1972. Les Rongeurs du Pléistocène Moyen et Supérieur de France. (Systématique, Biostratigraphie, Paléoclimatologie). C.N.R.S.
- Chaline, J., 1973. Biogéographie et fluctuations climatiques au Quaternaire d'après les faunes de rongeurs. *Acta Zool. Cracov.* 18, 141–165.
- Combourieu–Nebout, N., Londeix, L., Baudin, F., Turon, J.L., Von Grafenstein, R., Zahn, R., 1999. Quaternary marine and continental paleoenvironments in the western Mediterranean (Site 976, Alboran Sea): palynological evidence. In: Zahn, R., Comas, M.C., Klaus, A. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results.* vol. 161, pp. 457–468.
- Conolly, R., Jambrina–Enríquez, M., Herrera–Herrera, A.V., Vidal–Matutano, P., Fagoaga, A., Marquina–Blasco, R., Marin–Monfort, M.D., Ruiz–Sánchez, F.J., Laplana, C., Bailon, S., Pérez, L., Leierer, L., Hernández, C., Galván, B., Mallol, C., (in press). A multiproxy record of palaeoenvironmental conditions at the Middle Palaeolithic site of Abric del Pastor (Eastern Iberia). *Quat. Sci. Rev.*
- Cortés–Sánchez, M., Jiménez–Espejo, F.J., Simón–Vallejo, M.D., Stringer, C., Lozano Francisco, M.C., García–Alix, A., Vera Peláez, J.L., Odriozola, C.P., Riquelme–Cantal, J.A., Parrilla Giráldez, R., Maestro González, A., Ohkouchi, N., Morales–Muñiz, A., 2019. An early Aurignacian arrival in southwestern Europe. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 207–212.
- Cramp, S. 1985. The birds of the Western Palearctic. Terns to woodpeckers. Oxford.
- Cuenca–Bescós, G., 1988. Revisión de los Sciuridae del Aragoniense y del Ramblense en la fosa de Calatayud–Montalbán. *Scr. Geol.* 87, 1–116.
- Cuenca–Bescós, G., Canudo, J.I., Laplana, C., 1995. Los arvicólidos (Rodentia, Mammalia) de los niveles inferiores de Gran Dolina (Pleistoceno Inferior, Atapuerca, Burgos, España). *Revista de la Sociedad Española de Paleontología.* 10, 202–218.
- Cuenca–Bescós, G., Rofes, J., García–Pimienta, J.C., 2005. Early Europeans and environmental change across the Early–Middle Pleistocene

- transition: small mammalian evidence from Trinchera Dolina cave, Atapuerca, Spain. En: Head, M.J., Gibbard, P.L. (Eds.), *Early-Middle Pleistocene Transitions: the Land-Ocean Evidence* Geological Society of London, Special Publications, London. 247, 277-286.
- Cuenca-Bescós, G., Straus, L.G., García-Pimienta, J.C., González Morales, M.R., López-García, J.M., 2010. Late Quaternary small mammal turnover in the Cantabrian Region: The extinction of *Pliomys lenki* (Rodentia, Mammalia). *Quat. Int.* 212, 129-136.
- Cunha, P.P., Martins, A.A., Buylaert, J.-P., Murray, A.S., Gouveia, M.P., Font, E., Pereira, T., Figueiredo, S., Ferreira, C., Brigland, D.R., Yang, P., Stevaux, J.C., Mota, R., 2019. The Lowermost Tejo River Terrace at Foz do Enxarrique, Portugal: a palaeoenvironmental Archive from c. 60-35 ka and its implications for the last Neanderthals in Westernmost Iberia. *Quaternary* 2, 1-29.
- Daams, R. 1981. The dental pattern of the dormice *Dryomys*, *Myomimus*, *Microdryomys* and *Peridyromys*. *Utrecht micropaleontological bulletins*, Special Publication 3, 115.
- Daams, R., Freudenthal, M., van der Meulen, A.J., 1988. Ecostratigraphy of micromammal faunas from the Neogene of Spain. *Scr. Geol.* 1, 286-302.
- Dalmau, F., Quinto, F., 2012. Plan Municipal de Prevención frente a Incendios Forestales. Término Municipal de Alcoi. Ayuntamiento de Alcoi.
- Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjörnsdóttir, A.E., Jouzel, J., Bond, G., 1993. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature* 364 (6434), 218.
- Davis, B.A.S., Brewer, S., Stevenson, A.C., Guiot, J., 2003. The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quat. Sci. Rev.* 22, 1701-1716.
- de la Peña, P., 2019. Dating on its own cannot resolve hominin occupation patterns. *Nat. Ecol. Evol.* 3 (5), 712.
- de Marfà Taillefer, R., Agustí, J., Cuenca-Bescós, G., 2006. Los lagomorfos del Plio-Pleistoceno europeo. State-of-the-art, in: Fernández-Martínez, E. (Ed.) *Libro de resúmenes de las XXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y simposios de los proyectos PICG 493, 503, 499, y 467*. Universidad de León, León, pp. 112-114.
- de Marfà, R., 2009. *Els lagomorfs (O. Lagomorpha, Cl. Mammalia) del Pliocè i Pleistocè europeus*. Universitat de Barcelona, Barcelona. Ph. D. Thesis.
- d'Errico, F., Sánchez-Goñi, M.F., 2003. Neandertal extinction and the millennial scale climatic variability of OIS 3. *Quat. Sci. Rev.* 22 (8-9), 769-788.
- Dienske, H., 1969. Notes on differences between some external and skull characters of *Microtus arvalis* (Pallas, 1778) and of *Microtus agrestis* (Linnaeus, 1761) from the Netherlands. *Zool. Meded.* 44, 83-108.
- Donard, E., 1982. *Recherches sur les Léporinés quaternaires (Pléistocène moyen et supérieur, Holocène)*. Université de Bordeaux, France. Ph. D. Thesis
- Dorta, R., Hernández, C., Molina, F.J., Galván, B., 2010. La alteración térmica en los sílex de los valles alcoyanos (Alicante, España). Una aproximación desde la arqueología experimental en contextos del Paleolítico Medio: El Salt. *Recer. del Mus. d'Alcoi* 19, 33-64.
- Dupré, M., Fumanal M.P., Martínez, J., Pérez-Obiol, R., Roure, J.M., Usera, J., 1996. *Quaternaire* 7, 177-186.
- Dupré, M., Carrión, J.S., Fumanal M.P., La Roca, N., Martínez, J., Usera, J. 1998. Evolution and palaeoenvironmental conditions of an interfan area in eastern Spain (Navarrés, Valencia). *AIQUA* 11, 95-105.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI), 2014. *ArcGIS*. Release: 10.3. Redlands, CA.
- Evans, E.M.N., Van Couvering, J.A.H., Andrews, P., 1981. Palaeoecology of Miocene sites in Western Kenya. *Journal of Human Evolution* 10, 99-116.
- Fagoaga, A., Ruiz-Sánchez, F.J., Laplana, C., Blain, H.A., Marquina, R., Marín-Monfort, M.D., Galván, B., 2018. Palaeoecological implications of Neanderthal occupation at Unit Xb of El Salt (Alcoi, eastern Spain) during MIS 3 using small mammals proxy. *Quat. Int.* 481, 101-112.

- Fagoaga, A., Laplana, C., Marquina, R., Machado, J., Marin-Monfort, M.D., Crespo, V.D., Hernández, C., Mallol, C., Galván, B., Ruiz-Sánchez, F.J., 2019a. Palaeoecological context for the extinction of the Neanderthals: A small mammal study of Stratigraphic Unit V of the El Salt site, Alcoi, eastern Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 530, 163–175.
- Fagoaga, A., Blain, H.A., Marquina-Blasco, R., Laplana, C., Sillero, N., Hernández, C.M., Mallol, C., Galván, B., Ruiz-Sánchez, F.J., 2019b. Improving the accuracy of small vertebrate-based palaeoclimatic reconstructions derived from the Mutual Ecogeographic Range. A case study using geographic information systems and UDA-ODA discrimination methodology. *Quat. Sci. Rev.* 223, 105969.
- FAUNMAP Working Group, 1996. Spatial response of mammals to Late Quaternary environmental fluctuations. *Science* 272, 1601–1606.
- Fernández, M., Pita, R., Mira, A., 2019. *Microtus cabreræ*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T13418A90931498.
- Fernández-García, M., López-García, J.M., 2013. Palaeoecology and biochronology based on the rodents analysis from the Late Pleistocene/Holocene of Toll Cave (Moià, Barcelona). *Spanish J. Palaeontol.* 28, 227–238.
- Fernández-García, M., López-García, J.M., Lorenzo, C., 2016. Palaeoecological implications of rodents as proxies for the Late Pleistocene-Holocene environmental and climatic changes in northeastern Iberia. *C. R. Palevol.* 15, 707–719.
- Fernández-García, M., López-García, J.M., Bennàsar, M., Gabucio, M.J., Bargalló, A., Chacón, M.G., Saladié, P., Vallverdú, J., Vaquero, M., Carbonell, E. 2018. Paleoenvironmental context of Neanderthal occupations in northeastern Iberia: The small-mammal assemblage from Abric Romaní (Capellades, Barcelona, Spain). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 506, 154–167.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., 1992. Small mammal taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. *J. Archaeol. Sci.* 19, 407–428.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., Denys, C., Sesé, C., Stoetzel, E., Marin-Monfort, D., Pesquero, D., 2016. Taphonomy for taxonomists: implications of predation in small mammal studies. *Quat. Sci. Rev.* 139, 138–157.
- Fernández, M.H., Sierra, M.Á. Peláez-Campomanes, P., 2007. Bioclimatic analysis of rodent palaeofaunas reveals severe climatic changes in Southwestern Europe during the Plio-Pleistocene. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 251 (3–4), 500–526.
- Fernández-Salvador, R., Gisbert, J., García-Perea, R., 1997. Incidencia humana sobre las colonias del topillo de Cabrera, *Microtus cabreræ*. En: Abstracts of III Jornadas Españolas de Conservación y Estudio de Mamíferos, Castelló d'Empúries, pp. 29.
- Fernández-Salvador, R., García-Perea, R., Ventura, J., 2001. Reproduction and postnatal growth of the Cabrera vole, *Microtus cabreræ*, in captivity. *Can. J. Zool.* 79 (11), 2080–2085.
- Fernández-Salvador, R., 2007. *Microtus cabreræ* (Thomas, 1906). Ficha libro rojo. Pp-429–433. En: Palomo, L. J., Gisbert, J., Blanco, J.C. (Eds.), Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. Dirección General para la Biodiversidad SECEM-SECEMU, Madrid.
- Fletcher, W.J., Sánchez Goñi, M.F., 2008. Orbital and sub-orbital-scale climate impacts on vegetation of the western Mediterranean basin over the last 48,000 yr. *Quat. Res.* 70 (3), 451–464.
- Finlayson, C., Fa, D.A., Finlayson, G., Pacheco, F.G., Vidal, J.R., 2004. Did the moderns kill off the Neanderthals? A reply to F. d'Errico and Sánchez Goñi. *Quat. Sci. Rev.* 23, 1205–1209.
- Finlayson, C., Carrión, J.S., 2007. Rapid ecological turnover and its impact on Neanderthal and other human populations. *Trends Ecol. Evol.* 22, 213–222.
- Fedele, F. G., Giaccio, B., Hajdas, I., 2008. Timescales and cultural process at 40,000 BP in the light of the Campanian Ignimbrite eruption, Western Eurasia. *J. Hum. Evol.* 55 (5), 834–857.
- Fletcher, W.J., Sánchez-Goñi, M.F., 2008. Orbital and sub-orbital-scale climate impacts on vegetation of the western Mediterranean basin over the last 48,000 yr. *Quat. Res.* 70

- (3), 451–464.
- Fletcher, W.J., Sánchez-Goñi, M.F., Allen, J.R.M., Cheddadi, R., Combourieu-Nebout, N., Huntley, B., Lawson, I., Londeix, L., Magri, D., Margari, V., Müller, U.C., Naughton, F., Novenko, E., Roucoux, K., Tzedakis, P.C., 2010. Millennial-scale variability during the last glacial in vegetation records from Europe. *Quat. Sci. Rev.* 29, 2839–2864.
- Fløjgaard, C., Normand, S., Skov, F., Svenning, J.C., 2009. Ice age distributions of European small mammals: insights from species distribution modelling. *J. Biogeogr.* 36 (6), 1152–1163.
- Font-Tullot, I., 2000. Climatología de España y Portugal. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Foucault, A., 1993. *Climat. Histoire et avenir du milieu terrestre*. Paris, Fayard.
- Freudenthal, M., 2004. Gliridae (Rodentia, Mammalia) from the Eocene and Oligocene of the Sierra Palomera (Teruel, Spain). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona* 12, 97–173.
- Frigola, J., Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Siero, F.J., Flores, J. A., Grimalt, J.O., 2008. Evidence of abrupt changes in Western Mediterranean Deep Water circulation during the last 50 kyr: a high-resolution marine record from the Balearic Sea. *Quat. Int.* 181(1), 88–104.
- Fumanal, M.P., 1994. El yacimiento musteriense de El Salt (Alcoi, País Valenciano). Rasgos geomorfológicos y climatoestratigrafía de sus registros. *Saguntum* 27, 39–55.
- Furió, M., 2007. Los insectívoros (Soricomorpha, Erinaceomorpha, Mammalia) del Neógeno Superior del Levante Ibérico. *Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona*. Ph. D. Thesis.
- Galván, B., 1992. El Salt (Alcoi, Alicante): estado actual de las investigaciones. *Recer. del Mus. d'Alcoi* 1, 73–80.
- Galván, B., Hernández, C.M., Alberto, V., Barro, A., Garralda, M.D., Vadermeersch, B., 2001. El Salt (Serra Mariola, Alacant). En: Villaverde, V. (Ed.), *De Neandertales a Cromañones. El inicio del poblamiento humano en las tierras valencianas*. Universidad de Valencia, pp. 397–402.
- Galván, B., Hernández, C.M., Francisco, M.I., Rodríguez, A., 2006. Datos para la caracterización del final del Musteriense en los Valles de Alcoi. En: Cabrera, V., Bernaldo de Quirós, F., Maíllo, J.M. (Eds.), *En el Centenario de la Cueva de El Castillo: El Ocaso de los Neandertales*. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), pp. 127–141.
- Galván, B., Hernández, C.M., Francisco, M.I., 2007–08. Elementos líticos apuntados en el musteriense alcoyano. *El Abric del Pastor, Alicante*. *Veleia* 24–25, 367–383.
- Galván, B., Gómez, C.H., Ortega, M.I.F., Hernández, F.M., Vinagre, A.T., 2008. La producción lítica del Abric del Pastor (Alcoy, Alicante). Un ejemplo de la variabilidad musteriense. *Tabona: Revista de Prehistoria y de Arqueología* 17, 11–62.
- Galván, B., Hernández, C.M., Francisco, I., Molina, F.J., Tarrío, A., 2008. La producción lítica del Abric del Pastor (Alcoy, Alicante): un ejemplo de variabilidad musteriense. *Tabona. Rev. Prehist. y Arqueol.* 17, 11–61.
- Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Machado, J., Sistiaga, A., Molina, F.J., Pérez-Luis, L., Afonso, R., Garralda, M.D., Mercier, N., Morales, J.V., Sanchis, A., Tarrío, A., Gómez, J.A., Rodríguez, A., Abreu, I., Vidal, P., 2014a. El Salt. Últimos Neandertales de la montaña alicantina (Alcoi, España). En: Sala, R. (Ed.), *Los cazadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el Estrecho de Gibraltar*. Universidad de Burgos y Fundación Atapuerca, pp. 385–388.
- Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Mercier, N., Sistiaga, A., Soler, V., 2014b. New evidence of early neanderthal disappearance in the Iberian Peninsula. *J. Hum. Evol.* 75, 16–27.
- García-Ibaibarriaga, N., Arrizabalaga, Á., Iriarte-Chiapusso, M.J., Rofes, J., Murelaga, X., 2015. The return to the Iberian Peninsula: first Quaternary record of *Muscardinus* and a palaeogeographical overview of the genus in Europe. *Quat. Sci. Rev.* 119, 106–115.
- Garralda, M.D., Galván, B., Hernández, C.M., Mallol, C., Gómez, J.A., Maureille, B., 2014. Neanderthals from el Salt (Alcoi, Spain) in the context of the latest middle paleolithic populations from the southeast of the Iberian

- Peninsula. *J. Hum. Evol.* 75, 1–15.
- Gauch, H.G., 1989. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gómez Cano, A.R., Hernández Fernández, M., Álvarez Sierra, M.A., 2013. Dietary Ecology of Murinae (Muridae, Rodentia): A Geometric Morphometric Approach. *PLoS ONE* 8 (11), e79080.
- Gómez Cano, A.R., Kimura, Y., Blanco, F., Menéndez, I., Álvarez-Sierra, M.A., Hernández Fernández, M., 2017. Ecomorphological characterization of murines and non-arvicoline cricetids (Rodentia) from south-western Europe since the latest Middle Miocene to the Mio-Pliocene boundary (MN 7/8–MN13). *PeerJ* 5, e3646.
- Gómez, D., Mallol, C., Galván, B., Hernández, C.M., 2010. Una visión geoarqueológica general del yacimiento musteriense de El Salt (Alcoy, Alicante) a partir de la micromorfología. *Recer. del Mus. D’Alcoi* 19, 19–32.
- González-Sampériz, P., Leroy, S.A., Carrión, J.S., Fernández, S., García-Antón, M., Gil-García, M.J., Uzquiano, P., Valero-Garcés, B.L., Figueiral, I., 2010. Steppes, savannahs, forests and phytodiversity reservoirs during the Pleistocene in the Iberian Peninsula. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 162, 427–457.
- Gouzy, A., Malaizé, B., Pujol, C., Charlier, K., 2004. Climatic “pause” during Termination II identified in shallow and intermediate waters off the Iberian margin. *Quat. Sci. Rev.* 23 (14–15), 1523–1528.
- Grupo de Gestión de los Recursos Cingéticos Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante., 2010. Informe de resultados sobre la caracterización de la comunidad de mamíferos del Parque Natural de la Sierra de Mariola. Universidad de Alicante, Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge.
- Guillem–Calatayud, P., 1995. Bioestratigrafía de los micromamíferos (Rodentia, Mammalia) del Pleistoceno Medio, Superior y Holoceno del País Valenciano. *Saguntum* 38, 11–18.
- Guillem–Calatayud, P., 2000. Secuencia climática del Pleistoceno medio final y del Pleistoceno superior inicial en la fachada central mediterránea a partir de micromamíferos (Rodentia e Insectivora). *Saguntum* 32, 9–30.
- Gusi, F., Olària, C., Ollé, A., Saladié, P., Vallverdú, J., Cáceres, I., van der Made, J., Expósito, I., Burjachs, F., López-Polin, L., Lorenzo, C., Bennàsar, M., Salazar-García, D.C., Lorenzo, C., 2013. La Cova de Dalt del Tossal de la Font (Vilafamés, Castellón): conclusiones preliminares de las intervenciones arqueológicas (1982–1987/2004–2012). *Quaderns de prehistòria i arqueologia de Castelló* 31(31), 17–37.
- Harrison, S.P., Goñi, M.S., 2010. Global patterns of vegetation response to millennial-scale variability and rapid climate change during the last glacial period. *Quat. Sci. Rev.* 29 (21–22), 2957–2980.
- Heinrich, H., 1988. Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. *Quat. Res.* 29, 142–152.
- Hernández, C.M., Galván, B., Mallol, C., Machado, J., Molina, F.J., Pérez, L., Morales, J.V., Sanchis, A., Vidal-Matutano, P., Rodríguez-Cintas, Á., 2014. El Abric del Pastor en el poblamiento neandertal de los Valles de Alcoy, Alicante (España). En: Sala, R. (Ed.), *Los cazadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el Estrecho de Gibraltar*. Universidad de Burgos y Fundación Atapuerca, pp. 319–323.
- Hernández Fernández, M., 2001. Bioclimatic discriminant capacity of terrestrial mammal faunas. *Global Ecol. Biogeogr.* 10, 189–204.
- Hernández Fernández, M.H., 2006. Rodent paleofaunas as indicators of climatic change in Europe during the last 125,000 years. *Quat. Res.* 65, 308–323.
- Hernández Fernández, M., Álvarez Sierra, M.Á., Peláez-Campomanes, P., 2007. Bioclimatic analysis of rodent palaeofaunas reveals severe climatic changes in Southwestern Europe during the Plio-Pleistocene. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 251, 500–526.
- Herrejón-Lagunilla, Á., Alonso, A.C., Santamaría, J.J.V., 2015. El arqueomagnetismo como técnica para diferenciar ocupaciones neandertales en palimpsestos paleolíticos. II Jornadas de Doctorandos de la Universidad de Burgos, pp. 219–230.
- Herrejón-Lagunilla, Á., Alonso, A.C., Santamaría, J.J.V., Galván, B., Hernández, C.M., Mallol,

- C. 2016. Aplicación del Arqueomagnetismo para la distinción de ocupaciones neanderthales en palimpsestos del Paleolítico Medio. Resultados preliminares de la unidad X de El Salt (Alcoy, Alicante). IX Congreso Geológico de España. Geo-Temas 16, 1576–5172.
- Higham, T., Douka, K., Wood, R., Ramsey, C.B., Brock, F., Basell, L., Camps, M., Arrizabalaga, A., Baena, J., Barroso-Ruiz, C., Bergman, C., Boitard, C., Boscato, P., Caparrós, M., Conard, N.J., Draily, C., Froment, A., Galván, B., Gambassini, P., García-Moreno, A., Grimaldi, S., Haesaerts, P., Holt, B., Iriarte-Chiapusso, M.-J., Jelinek, A., Jordá Pardo, J.F., Maíllo-Fernández, J.-M., Marom, A., Maroto, J., Menéndez, M., Metz, L., Morin, E., Moroni, A., Negrino, F., Panagopoulou, E., Peresani, M., Pirson, S., de la Rasilla, M., Riel-Salvatore, J., Ronchitelli, A., Santamaria, D., Semal, P., Slimak, L., Soler, J., Soler, N., Villaluenga, A., Pinhasi, R., Jacobi, R., 2014. The timing and spatiotemporal patterning of Neanderthal disappearance. *Nature* 512, 306–309.
- Hofreiter, M., Stewart, J., 2009. Ecological Change, Range Fluctuations and Population Dynamics during the Pleistocene. *Curr. Biol.* 19, 584–593.
- Hopley, P.J., Latham, A.G., Marshall, J.D., 2006. Palaeoenvironments and palaeodiets of mid-Pliocene micromammals from Makapansgat Limeworks, South Africa: a stable isotope and dental microwear approach. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 233 (3–4), 235–251.
- Hublin J., 2015. The modern human colonization of western Eurasia: when and where? *Quat Sci Rev.* 118, 194–210.
- Jarman, M.R., Vita-Finzi, C., Higgs, E.S., 1972. Site catchment analysis in archaeology, In: Ucko, P. J., Tringham, R., Dimbleby, G.W. (Eds.), *Man, Settlement and Urbanism*. Duckworth. Londres, pp. 61–66.
- Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dansgaard, W., Fuhrer, K., Gundestrup, N., Hammer, C.U., Iversen, P., Jouzel, J., Stauffer, B., Steffensen, J.P., 1992. Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core. *Nature* 359 (6393), 311.
- Kehl, M., Burrow, C., Hilgers, A., Navazo, M., Pastoors, A., Weniger, G.-C., Wood, R., Jordá Pardo, J.F., 2013. Late Neanderthals at Jarama VI (central Iberia)? *Quat. Res.* 80 (2), 218–234.
- Kindler, P., Guillevic, M., Baumgartner, M., Schwander, J., Landais, A., Leuenberger, M., 2014. Temperature reconstruction from 10 to 120 kyr b2k from the NGRIP ice core. *Clim. Past* 10, 887–902.
- Knitlova, M., Horacek, I., 2017. Late Pleistocene–Holocene paleobiogeography of the genus *Apodemus* in Central Europe. *PLoS One.* 12, e0173668.
- Koenigswald, W.V., 1970. Mittelpleistozäne Kleinsäugerfauna aus der Spaltenfüllung Petersbuch bei Eichstätt. *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.* 10, 407–432.
- Koenigswald, W., 1999. Migration and extinction in the Quaternary faunas of central and western Europe. *Annales géologiques des pays helléniques*, 1 série 39, 327–335.
- Kotlík, P., Deffontaine, V., Mascheretti, S., Zima, J., Michaux, J.R., Searle, J.B., 2006. A northern glacial refugium for bank voles (*Clethrionomys glareolus*). *PNAS* 103 (40), 14860–14864.
- Laplana, C., Sevilla, P., 2006. Nuevos datos sobre los micromamíferos (Roedores, Insectívoros y Quirópteros) del yacimiento Camino (Pleistoceno Superior, Pinilla del valle, Madrid). Libro de Resúmenes de las XXII Jornadas de Paleontología, 135–137.
- Laplana, C., Sevilla, P., 2013. Documenting the biogeographic history of *Microtus cabreræ* through its fossil record. *Mammal Rev.* 43, 309–332.
- Laplana, C., Herráez, E., Yravedra Saínz de los Terreros, J., Báez, S., Rubio-Jara, S., Panera, J., Rus, I., Pérez-González, A., 2015. Biocronología de la Terraza Compleja de Butarque del río Manzanares en el Estanque de Tormentas al sur de Madrid (España). *Estudios Geológicos* 71, e028.
- Laplana, C., Sevilla, P., Blain, H.A., Arriaza, M. C., Arsuaga, J.L., Pérez-González, A., Baquedano, E., 2016. Cold-climate rodent indicators for the Late Pleistocene of central Iberia: New data from the Buena Pinta Cave (Pinilla del Valle, Madrid region, Spain). *C. R. Palevol.* 15 (6), 696–706.
- Laplana, C., 2018. Aportaciones de los yacimien-

- tos de Pinilla del Valle (Comunidad de Madrid, España) al conocimiento de la biogeografía de los micromamíferos durante el pleistoceno superior en la Península Ibérica. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Ph. D. Thesis.
- Leierer, L., Jambriña-Enríquez, M., Herrera-Herrera, A.V., Connolly, R., Hernández, C.M., Galván, B., Mallo, C., 2019. Insights into the timing, intensity and natural setting of Neanderthal occupation from the geoarchaeological study of combustion structures: a micromorphological and biomarker investigation of El Salt, unit Xb, Alcoy, Spain. *PLoS ONE* 14, e0214955.
- León Ortega, M., 2016. Estudios ecológicos de poblaciones de búho real (*Bubo bubo*) en el Sureste Ibérico: ocupación territorial, reproducción, supervivencia, área de campeo y estructura genética. Universidad de Murcia, Murcia. –
- Leroyer, C., Leroi-Gourhan, A., 1983. Problèmes de chronologie: le castelperronien et l'aurignacien. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*. C. R. Séances 80, 41–44.
- Leroyer, C., 1988. Des occupations castelperroniennes et aurignaciennes dans leur cadre chrono-climatique. In: Otte, M. (Ed.), *L'Homme de Néandertal*. 8. ERAUL, Liège, pp.103–108.
- Lisiecki, L.E., Raymo, M.E., 2005. A Pliocene–Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records, *Paleoceanography* 20, PA1003.
- López-García, J.M., 2008. Los micromamíferos del Pleistoceno superior de la Península Ibérica. Evolución de la diversidad taxonómica y cambios paleoambientales y paleoclimáticos. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. Ph. D. Thesis.
- López-García, J.M., Blain, H.A., Cuenca-Bescós, G., Ruiz-Zapata, M.B., Dorado-Valino, M., Gil-García, M.J., Valdeolmillos, A., Ortega, A.I., Carretero, J.M., Arsuaga, J.L., Bermudez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2010. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of the Latest Pleistocene of El Portalon Site, Sierra de Atapuerca, northwestern Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 292, 453–464.
- López-García, J.M., Cuenca-Bescós, G., Blain, H.-A., Álvarez-Lao, D., Uzquiano, P., Adán, G., Arbizu, M., Arsuaga, J.L., 2011a. Palaeoenvironment and palaeoclimate of the Mousterian–Aurignacian transition in northern Iberia: The small-vertebrate assemblage from Cueva del Conde (Santo Adriano, Asturias). *J. Hum. Evol.* 61, 108–116.
- López-García, J.M., Cuenca-Bescós, G., Finlayson, C., Brown, K., Pacheco, F.G., 2011b. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic proxies of the Gorham's cave small mammal sequence, Gibraltar, southern Iberia. *Quat. Int.* 243(1), 137–142.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Bennàsar, M., Euba, I., Bañuls, S., Bischoff, J., López-Ortega, E., Saladié, P., Uzquiano, P., Vallverdú, J., 2012a. A multiproxy reconstruction of the palaeoenvironment and palaeoclimate of the Late Pleistocene in northeastern Iberia: Cova dels Xaragalls, Vimbodí-Poblet, Paratge Natural de Poblet, Catalonia. *Boreas* 41, 235–249.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Burjachs, F., Ballesteros, A., Allué, E., Cuevas-Ruiz, G.E., Rivals, F., Blasco, R., Morales, J. I., Rodríguez Hidalgo, A., Carbonell, E., Serrat, D., Rosell, J., 2012b. A multidisciplinary approach to reconstructing the chronology and environment of southwestern European Neanderthals: the contribution of Teixoneres cave (Moià, Barcelona, Spain). *Quat. Sci. Rev.* 43, 33–44.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Morales, J.I., Lorenzo, C., Bañuls-Cardona, S., Cuenca-Bescós, G., 2013. Small-mammal diversity in Spain during the late Pleistocene to early Holocene: climate, landscape, and human impact. *Geology* 41, 267–270.
- López-García, J., Blain, H.A., Bennàsar, M., Alcover, J.A., Bañuls-Cardona, S., Fernández-García, M., Fontanals, M., Martín, P., Morales, J.I., Muñoz, L., Pedro, M., Vergés, J.M., 2014a. Climate and landscape during Heinrich Event 3 in south-western Europe: the small-vertebrate association from Galls Carboners cave (Mont-ral, Tarragona, north-eastern Iberia). *J. Quat. Sci.* 29(2), 130–140.
- López-García, J.M., Blain, H.-A., Benàssar, M.,

- Fernández-García, M., 2014b. Environmental and climatic context of Neanderthal occupation in southwestern Europe during MIS3 inferred from the small-vertebrate assemblages. *Quat. Int.* 326, 319–328.
- López-García, J.M., Soler, N., Maroto, J., Soler, J., Alcalde, G., Galobart, A., Bennàsar, M., Burjachs, F., 2015. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of the latest Pleistocene of L'Arbreda cave (Serinyà, Girona, northeastern Iberia) inferred from the small-mammal (insectivore and rodent) assemblages. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 435, 244–253.
- López Gómez, A., Rosselló Verger, V., 1978. Geografía de la provincia de Alicante. Diputación Provincial de Alicante.
- López-Martínez, N., 1980. Los micromamíferos (Rodentia, Insectivora, Lagomorpha y Chiroptera), del sitio de ocupación achelense de Aridos-1 (Arganda, Madrid), in: Santonja, M., López-Martínez, N., Pérez-González, A. (Eds.), *Ocupaciones Achelenses en el Valle del Jarama*. Publicaciones de la Excelentísima Diputación de la Provincia de Madrid, Madrid, pp. 161–202.
- Luque-Larena, J.J., Mougeot, F., Vinuela, J., Jareno, D., Arroyo, L., Lambin, X., Arroyo, B., 2013. Recent large-scale range expansion and out-breaks of the common vole (*Microtus arvalis*) in NW Spain. *Basic Appl. Ecol.* 14, 432–441.
- Machado, J., Hernández, C.M., Galván, B., 2011. Contribución teórico-metodológica al análisis histórico de palimpsestos arqueológicos a partir de la producción lítica. Un ejemplo de aplicación para el Paleolítico medio en el yacimiento de El Salt (Alcoi, Alicante). *Recer. del Mus. d'Alcoi* 20, 33–46.
- Machado, J., Hernández, C.M., Mallol, C., Galván, B., 2013. Lithic production, site formation and Middle Palaeolithic palimpsest analysis: in search of human occupation episodes at Abric del Pastor Stratigraphic Unit IV (Alicante, Spain). *J. Archaeol. Sci.* 40, 2254–2273.
- Machado, J., 2016. Palimpsestos, dinámicas de asentamiento y gestión de los recursos líticos durante el Paleolítico medio en la montaña alicantina (España). Universidad de La Laguna. Ph. D. Thesis.
- Machado, J., Pérez, L., 2016. Temporal frameworks to approach human behaviour concealed in Middle Palaeolithic palimpsests: a high-resolution example from El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Quat. Int.* 417, 66–81.
- Machado, J., Molina, F.J., Hernández, C.M., Tarriño, A., Galván, B., 2017. Using lithic assemblage formation to approach Middle Palaeolithic settlement dynamics: El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Archaeol. Anthropol. Sci.* 9, 1715–1743.
- Mallol, C., Hernández, C.M., Machado, J., 2012. The significance of stratigraphic discontinuities in Iberia Middle-to-Upper Palaeolithic transitional sites. *Quat. Int.* 275, 4–13.
- Mallol, C., Hernández, C.M., Cabanes, D., Sistiaga, A., Machado, J., Rodríguez, A., Pérez, L., Galván, B., 2013. The black layer of Middle Paleolithic combustion structures. Interpretation and archaeostratigraphic implications. *J. Archaeol. Sci.* 40, 2515–2537.
- Mallol, C., Hernández, C.M., Mercier, N., Falgueres, C., Carrancho, Á., Cabanes, D., Vidal-Matutano, P., Connolly, R., Pérez, L., Mayor, A., Ben Arous, E., Galván, B., (in press). Fire and brief human occupations in Iberia during MIS 4: Evidence from Abric del Pastor (Alcoy, Spain). *Sci. Rep.*
- Marín-Arroyo, A.B., Ríos-Garaizar, J., Straus, L.G., Jones, J.R., de la Rasilla, M., González-Morales, M.R., Richards, M., Altuna, J., Mariezkurrena, K., Ocio, D., 2018. Chronological reassessment of the Middle to Upper Paleolithic transition and Early Upper Paleolithic cultures in Cantabrian Spain. *PLoS One* 13 (4), e0194708.
- Marrero, E., Hernández, C.M., Galván, B., 2011. El análisis espacial en el estudio de las secuencias de facies arqueosedimentarias. Criterios para identificar eventos de ocupación en yacimientos del Paleolítico Medio: El Salt y el Abric del Pastor (Alcoy, Alicante, España). *Recer. del Mus. d'Alcoi* 20, 7–32.
- Marshall, S.J., 2009. *Glaciations, Quaternary. Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. Springer.
- Maslin, M., 2009. Quaternary climate transitions and cycles. In: Gornitz, V. (Ed.), *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, 841–855.

- Mellars, P.A., 1992. Archaeology and the population-dispersal hypothesis of modern human origins in Europe. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 337, 225-234.
- Mellars, P., Gravina, B., Ramsey, C.B., 2007. Confirmation of Neanderthal /modern human interstratification at the Chatelperronian type-site. *PNAS* 104, 3657-3662.
- Michaux, J., Pasquier, L., 1974. Dynamique des populations de mulots (*Rodentia*, *Apodemus*) en Europe durant le Quaternaire; premières données. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 26, 431-439.
- Michaux, J., 1995. Past and present distribution of rodents in southwestern Europe Evidence for dating the mediterranean climate. En: Roy, J., Aronson, J., Di Castri, F. (Eds.), *Time Scales of Biological Responses To Water Constraints: The Case of Mediterranean Biota*, 189-199.
- Minwer-Barakat, R., 2005. *Roedores e Insectívoros del Turoliense superior y el Paleoceno del sector central de la cuenca de Guadix Granada*. Universidad de Granada, Granada. Ph. D. Thesis.
- Molina, F.J., 2016. *El sílex del Prebético y Cuencas Neógenas en Alicante y sur de Valencia: su caracterización y estudio aplicado al Paleolítico meido*. Universidad de Alicante. Ph. D. Thesis
- Molina, F.J., Tarrío, A., Galván, B., Hernández, C.M., 2010. Áreas de aprovisionamiento de sílex en el Paleolítico Medio en torno al Abric del Pastor (Alcoi, Alicante). Estudio macroscópico de la producción lítica de la colección Brotons. *Recer. del Mus. d'Alcoi* 19, 65-80.
- Molina, F.J., Tarrío, A., Galván, B., Hernández, C.M., 2011. Estudio macroscópico y áreas de aprovisionamiento de la industria silícea del yacimiento mesolítico y neolítico de Benàmer. En: Torregrosa, P., Jover, F.J., López, E. (Eds.), *Mesolíticos y Neolíticos En Las Tierras Meridionales Valencianas*. Serie de Trabajos Varios Del SIP 1112, pp. 121-131.
- Morales, J.V., Sanchis, A., 2009. The Quaternary fossil record of the genus *Testudo* in the Iberian Peninsula. *Archaeological implications and diachronic distribution in the western Mediterranean*. *J. Archaeol. Sci.* 36, 1152-1162.
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Prins, M.A., Sánchez-Goñi, M.F., Grimalt, J.O., Weltje, G.J., 2002. Saharan dust transport and high-latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record. *Quat. Res.* 58, 318-328.
- Musil, R. 1985. Palaeobiogeography of terrestrial communities in Europe during the Last Glacial. *Acta Musei Nationalis Pragae* 41, 1-83.
- Nabais, M., Zilhão, J., 2019. The consumption of tortoise among Last Interglacial Iberian Neanderthals. *Quat. Sci. Rev.* 217, 225-246.
- Nadachowski, A., 1984. Taxonomic value of anteroconid measurements of M1 in common and field voles. *Acta Theriol.* 29, 123-127.
- Naughton, F., Sánchez-Goñi, M.F., Desprat, S., Turon, J.-L., Duprat, J., 2007. Present-day and past (last 25 000 years) marine pollen signal off western Iberia. *Marine micropaleontology* 62, 91-114.
- Niethammer, J., 1990. Dormouse-group rodents, in: Grzimek, B. (Ed.), *Grzimek's Encyclopedia of Mammals*, vol. 3. McGraw-Hill, New York, pp. 276-291.
- Ochando, J., Carrión, J.S., Blasco, R., Fernández, S., Amorós, G., Munuera, M., Sañudo, P., Fernández-Peris, J., 2019. Silvicolous Neanderthals in the far West: the mid-Pleistocene palaeoecological sequence of Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Quat. Sci. Rev.* 217, 247-267.
- Oches, E.A., 2009. Quaternary History. En: Cilek, V. (Ed.), *Earth System: History and Natural Variability*. *Encyclopedia of Life Support Systems*, UNESCO-EOLSS, vol, II, 316-344.
- Olària, C., Gusi, F., Carbonell, E., Ollé, A., Allué, E., Vallverdú, J., Bennàsar, L., Bischoff, J.L., Burjachs, F., Cáceres, I., Expósito, I., López, L., Saladié, P., Vergés, J.M., 2005. Noves intervencions al jaciment plistocènic de la Cova de Dalt del Tossal de la Font (Vilafamés, Castelló). *Quad. Preh. Arq. Cast.* 24, 9-26.
- Palomo, L.J., 1999. *Microtus cabreræ* Thomas 1906. In: Mitchell-Jones, A.J., Amori, G., Bogdanowicz, W., Kryštufek, B., Reijnders, P.J.H., Spitzenberger, F., Stubbe, M., Thissen, J.B.M., Vohralík, V., Zima, J. (Eds.), *Atlas of European Mammals*. Academic Press, London, pp. 230-231.
- Palomo, L.J., Gisbert, J., Blanco, J.C., 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres*

- de España. Dirección General para la Biodiversidad-SECEMSECEMU, Madrid.
- Paunescu, A.C., Abbassi, M., 2002. Les variations d'*Eliomys* (Myoxidae, Rodentia) durant le Quaternaire. Aperçu sur des populations du Sud de la France, de Ligurie et d'Espagne. *Bull. Mus. Anthropol. Préhist. Monaco* 42, 3-13.
- Pérez, L., 2014. La gestión de los recursos animales en los Valles de Alcoy durante el Pleistoceno superior (MIS 3). Estudio zooarqueológico y tafonómico. Dep. d'Història i Història l'Art. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- Pérez, L., Machado, J., Hernández, C.M., Morales, J.V., Brugal, J.P., Galván, B., 2015. Arqueozoología y arqueostratigrafía del yacimiento de El Salt (Alcoi, Alicante): contribución metodológica para el análisis del registro faunístico contenido en palimpsestos arqueológicos del Paleolítico medio. *Preses Petites I Grups Humans En El Passat. II Jornades d'Arqueozoologia. Valencia*, 223-244.
- Pérez, L., Sanchis, A., Hernández, C.M., Galván, B., 2017a. Paleoeología de macromamíferos aplicada a los conjuntos zooarqueológicos de El Salt y el Abric del Pastor (Alcoy, Alicante). En: Sanchis, A., Pascual, J.L. (Eds.), *Interaccions Entre Felins i Humans. III Jornades d'arqueozoologia. Museu Prehistòria de València, Valencia*, pp. 327-353.
- Pérez, L., Sanchis, A., Hernández, C.M., Galván, B., Sala, B., Mallol, C., 2017b. Hearths and bones: an experimental study to explore temporality in archaeological contexts based on taphonomical changes in burnt bones. *J. Archaeol. Sci. Rep.* 11, 287-309.
- Pérez, L., 2019. Estrategias de subsistencia y dinámicas de asentamiento en los Valles de Alcoy durante el Paleolítico medio. Análisis zooarqueológico, tafonómico y paleoecológico de la secuencia arqueológica de El Salt (Alcoy, Alicante). Dept. d'Història i Història l'Art. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. Ph. D. Thesis.
- Pharisat, A., 1993. Le contenu des pelotes de régurgitation du Hibou moyen-duc (*Otus asio*) à Etrabonne (Doubs). *Bull. Soc. Hist. Natu. Montbéliard*, 187-190.
- Picó Ortiz, J., Moltó Mantero, E.A., 2006. Geografía física. Historia de Alcoy. Alcoi, 24-35.
- Pla Ballester, E., 1965. El Abate Breuil y Valencia. *Miscelánea en Homenaje al A. Breuil. Dip. P. de Barcelona*, pp. 281-286.
- Pleguezuelos, J.M., Marquez, M., Lizana, M., 2002. Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - Asociación Herpetológica Española, Madrid.
- Polly, P.D., Eronen, J.T., 2011. Mammal Associations in the Pleistocene of Britain: Implications of Ecological Niche Modelling and a Method for Reconstructing Palaeoclimate. *Developments in Quat. Sci.* 14, 257-282.
- Prost, S., Klietmann, J., van Kolfschoten, T., Guralnick, R.P., Waltari, E., Vrieling, K., Stiller, M., Nagel, D., Rabeder, G., Hofreiter, M., Sommer, R.S., 2013. Effects of late quaternary climate change on Palearctic shrews. *Global Change Biol.* 19, 1865-1874.
- Rabeder, G., 1981. Die Arvicoliden (Rodentia, Mammalia) aus dem Pliozän und dem älteren Pleistozän von Niederösterreich. *Beiträge zur Paläontologie von Österreich* 8, 1-373.
- Raia, P., Passaro, F., Fulgione, D., Carotenuto, F., 2012. Habitat tracking, stasis and survival in Neogene large mammals. *Biol. Lett.* 8, 64-66.
- Rasmussen, S.O., Andersen, K.K., Svensson, A.M., Steffensen, J.P., Vinther, B.M., Clausen, H.B., Siggaard-Andersen, M., Johnsen, S.J., Larsen, L.B., Dahl-Jensen, D., 2006. A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *J. Geophys. Res. Atmos.* 111, 1984-2012.
- Rasmussen, S.O., Bigler, M., Blockley, S.P., Blunier, T., Buchardt, S.L., Clausen, H.B., Cvijanovic, I., Dahl-Jensen, D., Johnsen, S.J., Fischer, H., Gkinis, V., Guillevic, M., Hoek, W.Z., Lowe, J.J., Pedro, J.B., Popp, T., Seierstad, I.K., Steffensen, J.P., Svensson, A.M., Vallenga, P., Vinther, B.M., Rey-Raymo, M. E., Huybers, P., 2008. Unlocking the mysteries of the ice ages. *Nature* 451 (7176), 284.
- Reumer, J.W.F., 1984. Rusician and early Pleistocene Soricidae (Insectívora, Mammalia) from Tegelen (The Netherlands) and Hungary. *Scr. Geol.* 73, 1-173.

- Rial, J.A. 1999. Pacemaking of the ice ages by frequency modulation of earth's orbital eccentricity. *Science* 185, 564–568.
- Richard, M., Falguères, C., Pons-Branchu, E., Foliot, L., Guillem, P.M., Martínez-Valle, R., Eixea, A., Villaverde, V., 2019. ESR/U-series chronology of early Neanderthal occupations at Cova Negra (Valencia, Spain). *Quaternary* 49, 283–290.
- Rivas-Martínez, S., 1981. Les étages bioclimatiques de la Péninsule Iberique. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 37, 251–268.
- Rivas-Martínez, S., 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España: 1:400.000., ICONA. ed. Ministerio.
- Robert, C., 1983. Recherches sur les Taupes (Talpa, Insectivora) de quelques gisements quaternaires de France. Université de Bordeaux, France. Ph. D. Thesis
- Rodríguez, A., Galván, B., Hernandez, C., 2002. Contribución del análisis funcional en la caracterización de El Salt como un centro de intervención referencial de las poblaciones neandertalianas en los valles de Alcoi (Alicante). En: Clemente, I., Risch, R. Gibaja J.F. (Eds.), *Análisis Funcional: su Aplicación al Estudio de Sociedades Prehistoricas*. BAR International Series 1073, 121–132.
- Rodríguez-Cintas, A., Cabanes, D., 2015. Phytolith and FTIR studies applied to combustion structures: the case of the Middle Paleolithic site of El Salt (Alcoi, Alicante). *Quat. Int.* 431, 16–26.
- Rodríguez, I., López-García, J.M., Bennàsar, M., Bañuls-Cardona, S., Blain, H.-A., Blanco-Lapaz, Á., Rodríguez-Álvarez, X.-P., de Lombera-Hermida, A., Díaz-Rodríguez, M., Ameijenda-Iglesias, A., Agustí, J., Fábregas-Valcarce, R., 2016. Last Neanderthals and first Anatomically Modern Humans in the NW Iberian Peninsula: climatic and environmental conditions inferred from the Cova Eirós small-vertebrate assemblage during MIS 3. *Quat. Sci. Rev.* 151, 185–197.
- Rohling, E.J, Foster, G.L., Grant, K.M., Marino, G., Roberts, A.P., Tamisiea, M.E., Williams, F., 2014. Sea-level and deep-sea-temperature variability over the past 5.3 million years. *Nature* 508, 477–482.
- Rowe, J.S. 1956. Uses of underground plant species in forestry. *Ecology* 37, 461–473.
- Ruiz Bustos, A., Moyano, I. T., Suárez, E.M., Gallego, M.A., 1982. Procesos evolutivos durante el Cuaternario medio y superior en las poblaciones de pequeños mamíferos del sur de la Península Ibérica. Condiciones climáticas que implican e importancia bioestratigráfica. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 7, 9–35.
- Rutherford, S., D' Hondt, S., 2000. Early onset and tropical forcing of 100,000-year Pleistocene glacial cycles. *Nature* 408, 72–75.
- Sánchez-Goñi, M., Eynaud, F., Turon, J.L., Shackleton, N.J., 1999. High resolution palynological record off the Iberian margin: direct land-sea correlation for the Last Interglacial complex. *EPSL* 171 (1), 123–137.
- Sánchez-Goñi, M.F., Turon, J.L., Eynaud, F., Gendreau, S., 2000. European climatic response to millennial-scale changes in the atmosphere-ocean system during the Last Glacial period. *Quat. Res.* 54 (3), 394–403.
- Sánchez-Goñi, M., Cacho, I., Turon, J., Guiot, J., Sierro, F., Peyrouquet, J., Grimalt, J., Shackleton, N., 2002. Synchronicity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region. *Clim. Dyn.* 19, 95–105.
- Sánchez-Goñi, M.F., d'Errico, F., 2005. La historia de la vegetación y el clima del último ciclo climático (OIS5–OIS1, 140.000–10.000 BP) en la Península Ibérica y su posible impacto sobre los grupos paleolíticos. En: Lasheras Coruchaga, J.A., Montes Barquín, R. (Eds.), *Neandertales cantábricos, estado de cuestión*. Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira, Santillana de Mar, pp. 115–129.
- Sánchez-Goñi, M.F., Landais, A., Fletcher, W.J., Naughton, F., Desprat, S., Duprat, J., 2008. Contrasting impacts of Dansgaard-Oeschger events over a western European latitudinal transect modulated by orbital parameters. *Quat. Sci. Rev.* 27 (11–12), 1136–1151.
- Sanchis, A., Morales, J.V., Pérez, L.J., Hernández, C.M., Galván, B., 2015a. La tortuga mediterránea en yacimientos valencianos del Paleolítico medio: distribución, origen de las acumulaciones y nuevos datos procedentes del Abric del Pastor (Alcoi, Alacant). En: Sanchis, A., Pasual, J.L. (Eds.), *Preses Petites i*

- Grups Humans En El Passat. II Jornades d'arqueozologia. Museu Prehistòria de València, Valencia, pp. 97-120.
- Sanchis, A., Tormo, C., Sauqué, V., Sanchis, V., Díaz, R., Ribera, A., Villaverde, V., 2015b. Pleistocene leopards in the Iberian Peninsula: New evidence from palaeontological and archaeological contexts in the Mediterranean region. *Quat. Sci. Rev.* 124, 175-208.
- Sarrión. La fauna del yacimiento musteriense de El Salt (Alcoi, Alacant. Inédito).
- Sarrión, I., 1990. El yacimiento del Pleistoceno medio de la Cova del Corb (Ondara-Alicante). *Arch. Prehist. levantina* XX, 43-78.
- Segura, J.M., Cortell, E., 1984. Cien años de Arqueología Alcoyana 1884-1984. Alcoy, Prehistoria y Arqueología. Cien años de Investigación, pp. 131.
- Sepulchre, P., Ramstein, G., Kageyama, M., Vanhaeren, M., Krinner, G., Sánchez-Goñi, M.F., d'Errico, F., 2007. H4 abrupt event and late Neanderthal presence in Iberia. *EPSL* 258, 283-292.
- Sesé, C., Sevilla, P., 1996. Los micromamíferos del Cuaternario peninsular español: cronoestratigrafía e implicaciones bioestratigráficas. *Revista Española de Paleontología* N° Extraordinario, 278-287.
- Shackleton, N., 1969. The last interglacial in the marine and terrestrial records. *Proc. R. Soc. B.* 174, 135-154.
- Shackleton, N.J., 1995. New data on the evolution of Pliocene climatic variability. In (Vrba, E.S., Denton, G.H., Partridge, T.C., Burckle, L.H. (Eds.), *Paleoclimate and Evolution, with Emphasis on Human Origins*.
- Shackleton, N.J., 2000. The 100,000 year ice-age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity. *Science* 289, 1897-1902.
- Shackleton, N.J., Sánchez-Goñi, M.F., Pailler, D., Lancelot, Y., 2003. Marine isotope substage 5e and the Eemian interglacial. *Glob. Planet. Change* 36 (3), 151-155.
- Sheftel, B.I. 2018. Gùldenstädt's White-toothed Shrew *Crocidura gueldenstaedtii*. In (Wilson, D.E., Mittermeier, R.A. (Eds.), *Handbook of the Mammals of the World*. Vol. 8. Insectivores, Sloths and Colugos, Lyns Edicions, Barcelona.
- Sher, A.V., Kuzmina, S.A., Kuznetsova, T.V., Sulerzhitsky, L.D., 2005. New insights into the Weichselian environment and climate of the East Siberian Arctic, derived from fossil insects, plants, and mammals. *Quat. Sci. Rev.* 24 (5-6), 533-569.
- Sistiaga, A., March, R., Hernández, C.M., Galván, B., 2011. Aproximación desde la química orgánica al estudio de los hogares del yacimiento del Paleolítico medio de El Salt (Alicante, España). *Recer. del Mus. d'Alcoi* 20, 47-70.
- Sistiaga, A., Mallol, C., Galván, B., Everett, R., 2014. The neanderthal meal: a new perspective using faecal biomarkers. *PLoS One* 9, 1e6.
- Staubwasser, M., Drăguşin, V., Onac, B.P., Assonov, S., Ersek, V., Hoffmann, D.L., Veres, D. 2018. Impact of climate change on the transition of Neanderthals to modern humans in Europe. *PNAS* 115 (37), 9116-9121.
- Steelandt, S., Bhiry, N., Marguerie, D., Desbiens, C., Napartuk, M., Desrosiers, P.M., 2013. Inuit knowledge and use of wood resources on the West coast of Nunavik, Canada. *Études/Inuit/Studies* 37, 147-173.
- Stewart, J.R., van Kolfschoten, T., Markova, A., Musil, R., 2003. Neanderthals as part of the broader Late Pleistocene megafaunal extinctions?. Andel, V., Davies, W. (Eds.), *Neanderthals and modern humans in the European landscape during the last glaciation*. McDonald Institute Monographs, 221-231.
- Stewart, J.R., 2007. Neanderthal extinction as part of the faunal change in Europe during Oxygen Isotope Stage 3. *Acta Zool. Cracov.* 50 (1-2), 93-124.
- Stiner, M., Kuhn, S., 2009. Paleolithic diet and the Division of Labor in Mediterranean Eurasia. In: Hublin, J.J., Richards, M. (Eds.), *The Evolution of Hominin Diets. Integrating Approaches*
- Stringer, C., Pálike, H., Van Andel, T.H., Huntley, B., Valdes, P., Allen, J.R., 2004. Climatic stress and the extinction of the Neanderthals. In: Van Andel, T. H., Davies, W. (Eds.), *Neanderthals and Modern Humans in the European landscape during the last glacia-*

- tion: archaeological results of the Stage 3 Project. McDonald Institute for archaeological research, pp. 233–244
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L., Hughes, L., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427, 145–148.
- Van Cleef-Rodgers, J. T., Van Den Hoek Ostende, L. W., 2001. Dental morphology of *Talpa europaea* and *Talpa occidentalis* (Mammalia: Insectivora) with a discussion of fossil *Talpa* in the Pleistocene of Europe. *Zool. Meded.* 75, 51–68.
- Van der Meulen, A., 1973. Middle Pleistocene smaller mammals from the Monte Peglia (Orvieto, Italy), with special reference to the phylogeny of *Microtus* (Arvicolidae, Rodentia). *Quaternaria* 17, 1–144.
- Van der Weerd, A., 1976. Rodents faunas of the Mio-Pliocene sediments of the Teruel-Alfambra Region, Spain. *Utrecht Micropaleontological Bulletins Special Publication* 2, 1–217.
- Vaquero, M., Pastó, I., 2001. The Definition of Spatial Units in Middle Palaeolithic Sites: The Hearth-Related Assemblages. *J. Archaeol. Sci.* 28, 1209–1220.
- Vidal-Matutano, P., 2015a. Evidència de recollida de teix (*Taxus baccata* L.) pels grups neandertals de l'Abric del Pastor (Alcoi, Alacant). *Recer. del Mus. d'Alcoi* 24, 7–19.
- Vidal-Matutano, P., Hernández, C.M., Galván, B., Mallol, C., 2015b. Neanderthal firewood management: evidence from Stratigraphic Unit IV of Abric del Pastor (Eastern Iberia). *Quat. Sci. Rev.* 111, 81–93.
- Vidal-Matutano, P., 2016a. Alrededor del fuego: Paisaje, clima y gestión de los recursos leñosos en grupos cazadores-recolectores durante el Paleolítico medio (Alicante, España). Universitat de València. Ph. D. Thesis
- Vidal-Matutano, P., 2016b. Firewood and hearths: Middle Palaeolithic woody taxa distribution from El Salt, stratigraphic unit Xb (Eastern Iberia). *Quat. Int.* 1–11.
- Vidal-Matutano, P., 2017. Firewood and hearths: middle palaeolithic woody taxa distribution from el Salt, stratigraphic unit Xb (eastern Iberia). *Quat. Int.* 457, 74–84.
- Vidal-Matutano, P., Henry, A., Théry-Parisot, I., 2017. Dead wood gathering among Neanderthal groups: Charcoal evidence from Abric del Pastor and El Salt (Eastern Iberia). *J. Archaeol. Sci.* 80, 109–121.
- Vidal-Matutano, P., Pérez-Jordà, G., Hernández, C.M., Galván, B., 2018. Macrobotanical evidence (wood charcoal and seeds) from the Middle Palaeolithic site of El Salt, Eastern Iberia: palaeoenvironmental data and plant resources catchment areas. *J. Archaeol. Sci.* 19, 454–464.
- Visedo Moltó, V., 1959. Alcoy. *Geología y Prehistoria*. Alcoi. Publicaciones del Instituto Alcoyano de Cultura Andrés Sempere, Alcoy.
- Vita-Finzi, C., Higgs, E.S., 1970. Prehistory economy in the Mount Carmel area of Palestine: Site catchment analysis. *Proceedings of the Prehistoric Society* 36, 1–37.
- Walker, M.J.C., Wheatley, J.J., Winstrup, M., 2014. A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: Refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quat. Sci. Rev.* 106, 14–28.
- Walter, H., 1970. *Vegetationszonen und Klima*. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Whittaker, R.H., 1948. A vegetation analysis of the Great Smoky Mountains. University of Illinois, Urbana.
- Wolf, D., Kolb, T., Alcaraz-Castaño, M., Heinrich, S., Baumgart, P., Calvo, R., Sánchez, J., Ryborz, K., Schäfer, I., Bliedtner, M., Zech, R., Zöller, L., Faust, D., 2018. Climate deteriorations and Neanderthal demise in interior Iberia. *Sci. Rep.* 8, 1–10.
- Wood, R. E., Barroso-Ruiz, C., Caparrós, M., Pardo, J.F.J., Santos, B. G., Higham, T.F. 2013. Radiocarbon dating casts doubt on the late chronology of the Middle to Upper Palaeolithic transition in southern Iberia. *PNAS*, 110 (8), 2781–2786.
- Yalden, D. W., Yalden, P.E. 1985. An experimental

- investigation of examining kestrel diet by pellet analysis. *Bird Study* 32 (1), 50–55.
- Zilhão, J., 1993. Le passage du Paléolithique moyen au Paléolithique supérieur dans le Portugal. In: Cabrera Valdés, V. (Ed.), *El origen del hombre moderno en el Suroeste de Europa*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, pp. 127–145.
- Zilhão, J. 2006. Chronostratigraphy of the Middle-to-Upper Paleolithic transition in the Iberian Peninsula. *Pyrenae* 37, 7–84.
- Zilhão, J., Ajas, A., Badal, E., Burow, C., Kehl, M., López-Sáez, J.A., Pimienta, C., Preece, R.C., Sanchis, A., Sanz, M., Weiger, G-C., White, D., Wood, R., Angelucci, D.E, Villaverde, V., Zapata, J., 2016. Cueva Antón: A multi-proxy MIS 3 to MIS 5a paleoenvironmental record for SE Iberia. *Quat. Sci. Rev.* 146, 251–273.
- Zilhão, J., Anesin, D., Aubry, T., Badal, E., Cabanes, D., Kehl, M., Klasen, N., Lucena, A., Martín-Lerma, I., Martínez, S., Matias, H., Susini, D., Steier, P., Wild, E.M., Angelucci, D.E., Villaverde, V., Zapata, J., 2017. Precise dating of the Middle-to-Upper Paleolithic transition in Murcia (Spain) supports late Neandertal persistence in Iberia. *Heliyon* 3, e00435.

ANEXO 1

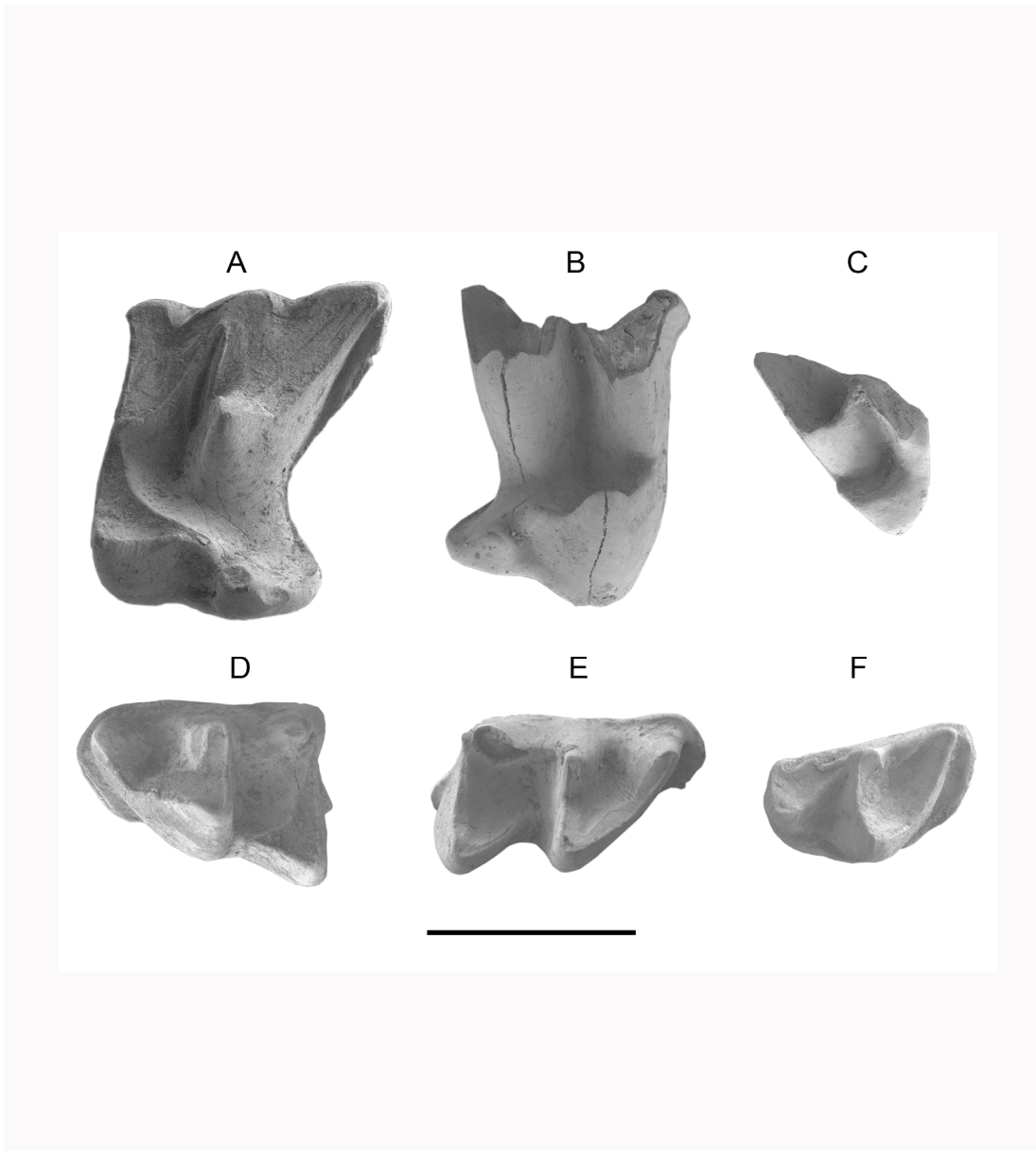


Lámina 1. A) M1 izquierdo (ST-F24-240), B) M2 derecho (ST-F11-92), C) M3 izquierdo (ST-F25-44), D) m1 izquierdo (ST-F24-171), E) m2 derecho (ST-F11-94), F) m3 derecho (ST-F24-757) de *Crocidura* sp. Escala= 1 mm.

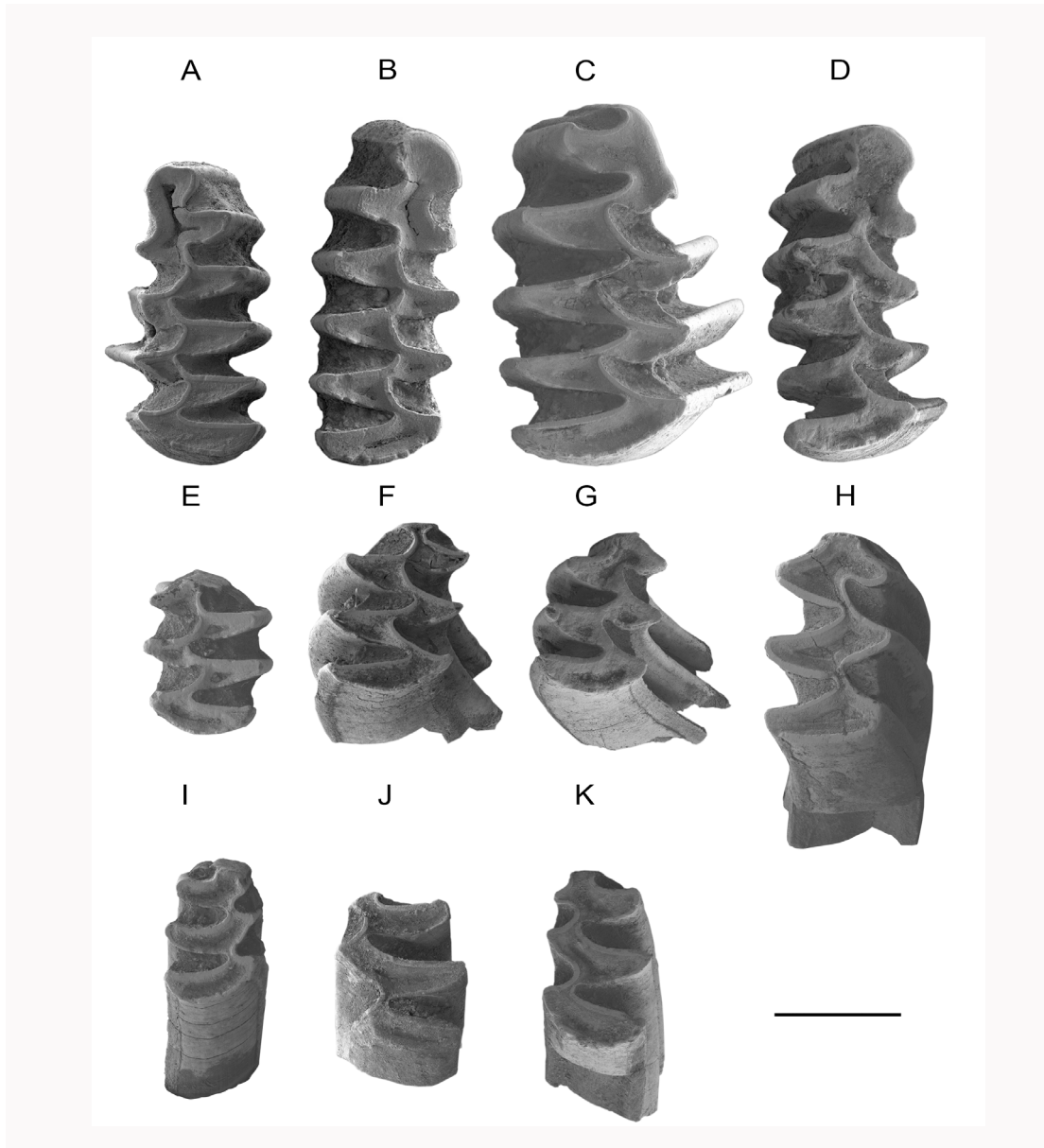


Lámina 2. A) m1 izquierdo de *Microtus agrestis* (ST-F11-114), B) m1 derecho de *Microtus arvalis* (ST-F24-424), C) m1 derecho de *Microtus (I.) cabrerai* (ST-24-451), D) m1 derecho de *Microtus (T.) duodecimcostatus* (ST-F24-417), E) m2 izquierdo de *Microtus arvalis* (ST-F24-160), F) m2 derecho de *Microtus (I.) cabrerai* (ST-F25-34), G) m2 derecho de *Microtus (T.) duodecimcostatus* (ST-F24-158), H) m3 derecho de *Arvicola sapidus* (ST-F24-190), I) m3 derecho de *Microtus arvalis* (ST-F25-39), J) m3 izquierdo de *Microtus (I.) cabrerai* (ST-F24-55), K) m3 izquierdo de *Microtus (T.) duodecimcostatus* (ST-F24-52). Escala= 1 mm.

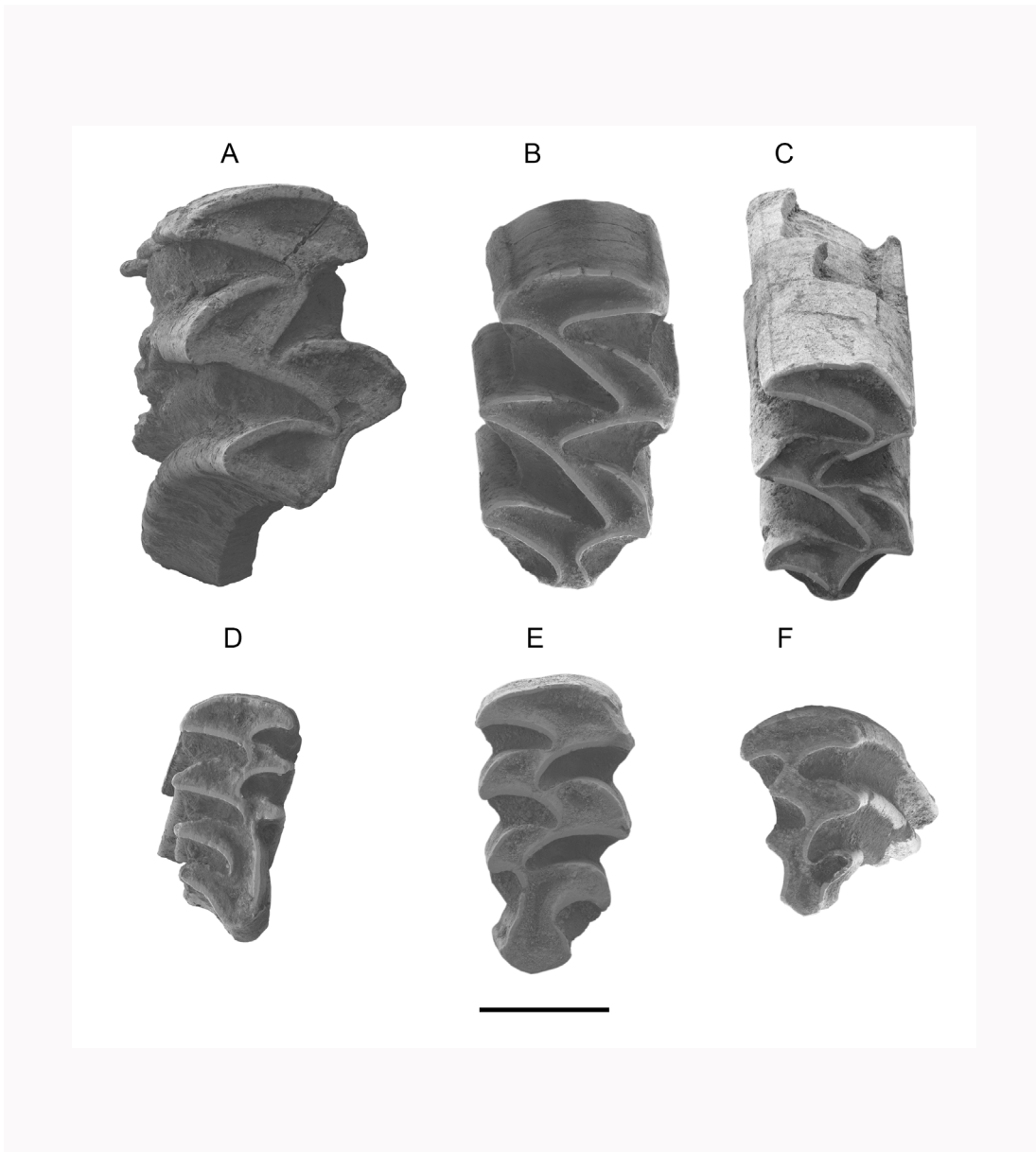


Lámina 3. A) M1 izquierdo de *Arvicola sapidus* (ST-F24-604), B) M1 derecho de *Microtus (I.) cabrerai* (ST-F24-32), C) M2 izquierdo de *Microtus (I.) cabrerai*, D) M3 izquierdo de *Microtus arvalis* (ST-F25-24), E) M3 derecho de *Microtus (I.) cabrerai* (ST-F24-188), F) M3 derecho de *Microtus (T.) duodecimcostatus* (ST-F24-152). Escala= 1 mm.

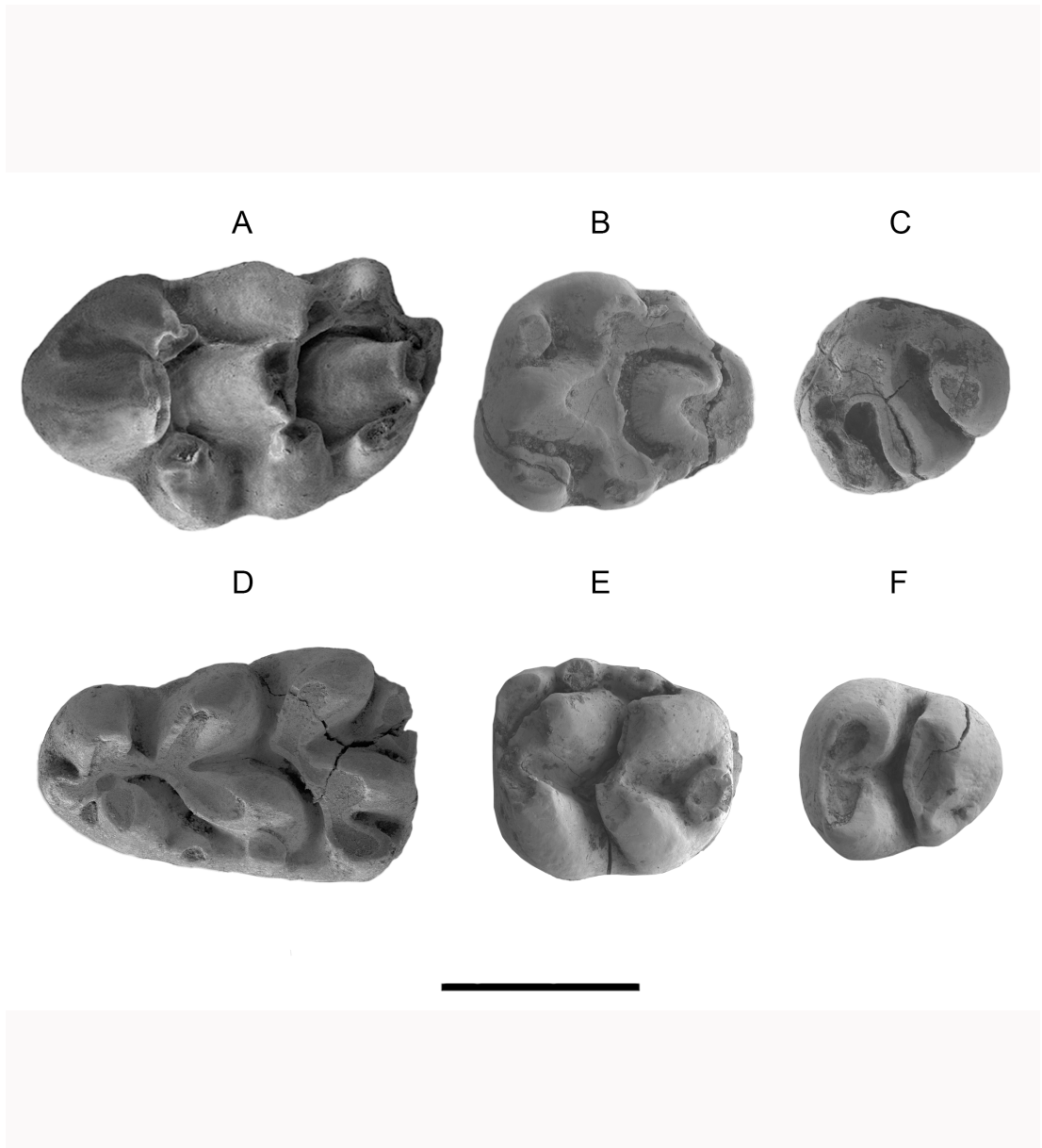


Lámina 4. *Apodemus sylvaticus*. A) M1 izquierdo (ST-F24-304), B) M2 izquierdo (ST-F24-312), C) M3 izquierdo (ST-F24-140), D) m1 izquierdo (ST-F11-131), E) m2 izquierdo (ST-F11-146), F) m3 izquierdo (ST-F24-227). Escala= 1 mm.

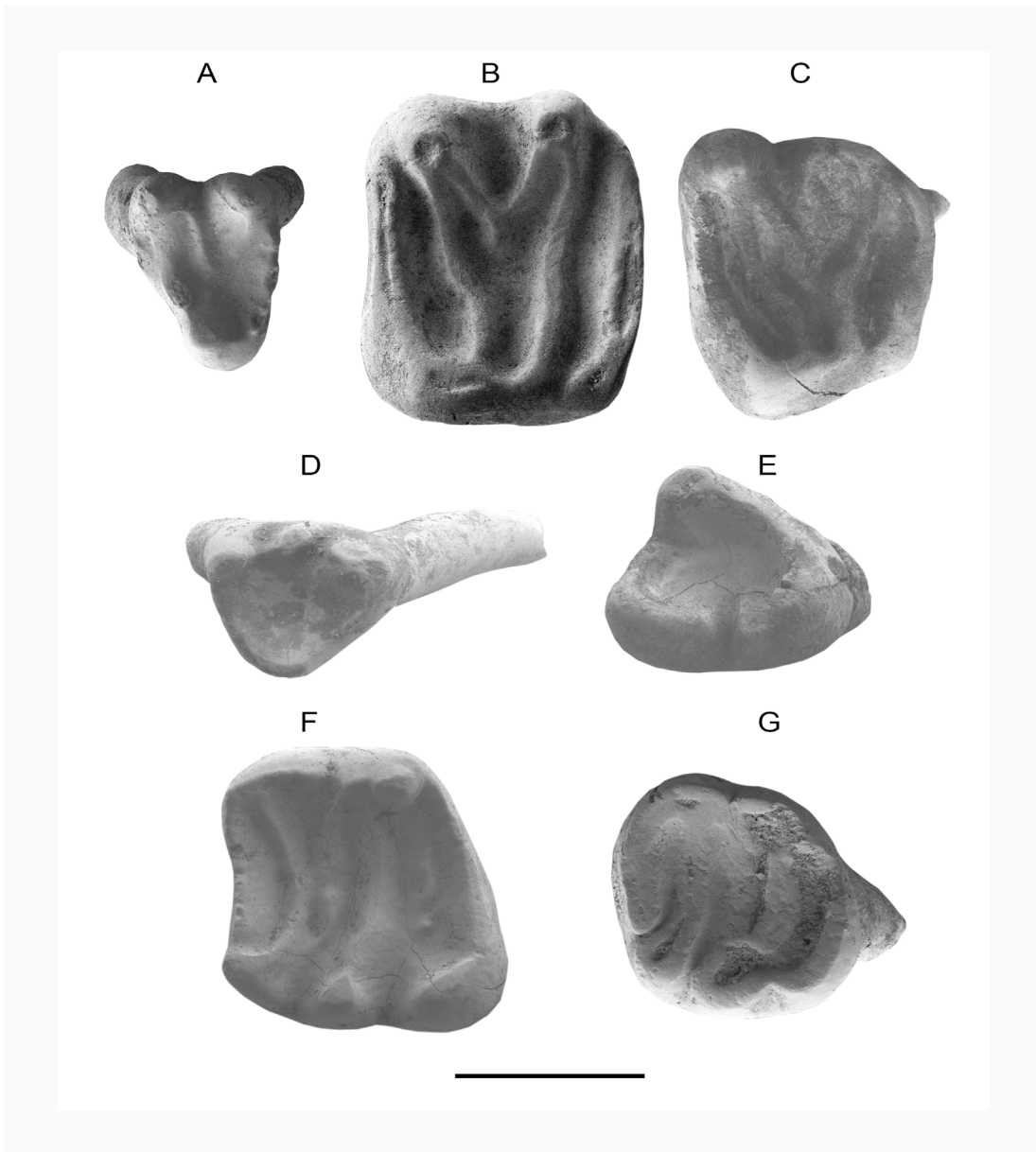


Lámina 5. *Eliomys quercinus*. A) D4 izquierdo (AP-IVd-x-119), B) M1-2 izquierdo (ST-F24-148), C) M3 izquierdo (ST-F24-119), D) d4 izquierdo (ST-F24-26), E) p4 izquierdo (ST-F24-28), F) m1-2 izquierdo (ST-F24-29), G) m3 izquierdo (AP-IVd-x-127). Escala= 1 mm.

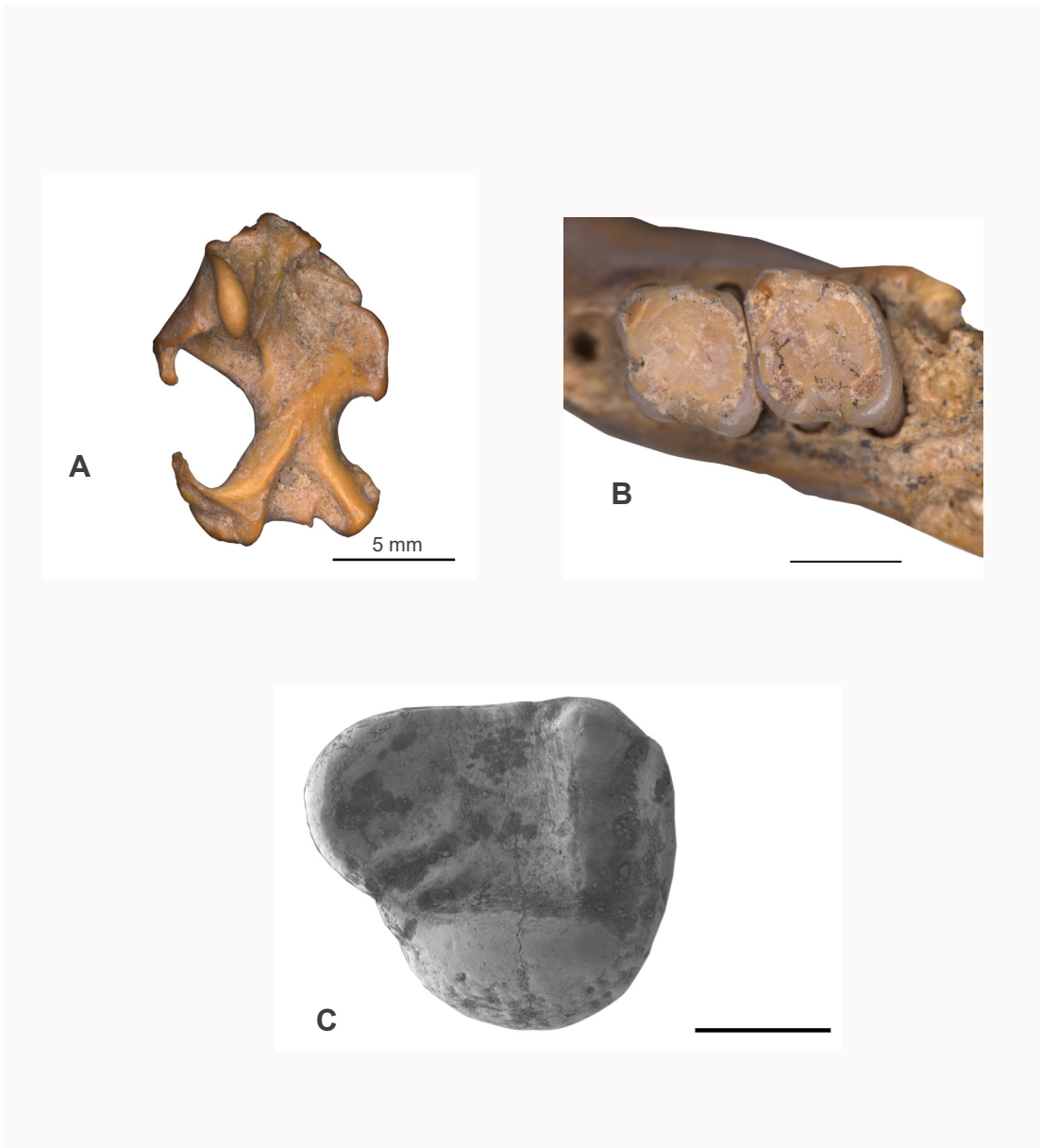


Lámina 6. A) Húmero izquierdo de *Talpa occidentalis* (ST-F24-887). B) Mandíbula inferior izquierda con m1 y m2 de *Sciurus vulgaris* (ST-F24-940). C) M3 derecho de *Sciurus vulgaris* (ST-F24-651) Escala= 1 mm.

